This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

3 3433 06274731 0

PAP.
ANNALEN

ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE

BAND XCVIII.

ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE

BAND XCVIII.

358
84

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

VIERTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

ACHTER BAND.

NEBST FÜNF KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1856.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

98

ACHT UND NEUNZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT UND VIER UND SIEBZIGSTER.

NEBST FÜNF KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1856.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

Inhalt

des Bandes XCVIII der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Seite

I. Ueber die Wanderungen der Ionen während der Elektrolyse; von W. Hittorf 1

II. Fernere Beiträge zur krystallographischen Kenntnifs des Datoliths; von F. H. Schröder 34

III. Ueber die Contractionen, welche die Mischung verschiedener wäfsriger Salzlösungen begleiten; von P. Kremers 58

IV Relation zwischen der Wärmecapacität, Temperatur und Dichtigkeit der Gase, in soweit sie dem Mariotte'schen Gesetz unterworfen sind; Anwendung dieser Relation auf die Schichten der atmosphärischen Luft und auf barometrische Höhenmessung, sowie Bestimmung der mittleren Höhe der Atmosphäre; vom Hauptmann v. Seydlitz 77

V. Ueber ein Instrument zur Bestimmung des Brechungs- und Zerstreuungsvermögens verschiedener Medien; von Meyerstein . . 91

VI. Ueber die Coëxistenz zweier einen Leiter in entgegengesetzten Richtungen durchlaufender Ströme; von F. Petrina 99

VII. Ueber einen verbesserten Inductionsapparat; von E. Stöhrer . 104

VIII. Ueber die Beförderung gleichzeitiger Depeschen durch einen telegraphischen Leiter; von W. Siemens 115

IX. Ueber einige Beugungserscheinungen, von H. Meyer . . . 133

X. Allgemeine Methode zur Bestimmung der elektrischen und magnetischen Induction; von A. Beer 137

Seite

[illegible] . 142

[illegible] . . . 161

[illegible] Puy-de-Dome; von [illegible] 163

[illegible] von Felsobanya in Ungarn; [illegible] 165

[illegible] von Demselben . . . 168

[illegible] Lichtenberg'scher) Staubfiguren in [illegible] und in verschiedenen Farben; von R [illegible] 170

[illegible] Zusammenhang zwischen dem Satze von der [illegible] Wärme und Arbeit und dem Verhalten der per- [illegible] 173

[illegible] Bestimmung des Gewichts von ei- [illegible] Dichtigkeit des Wassers bei Null; [illegible] 178

[illegible] von G. Osann 181

[illegible] von W. Siemens 183

[illegible] Zusammensetzung einiger Abänderungen [illegible]; von G. A. Behncke . . 184

[illegible] 189

[illegible] von Nöllner. — 2. Fluo- [illegible] — 3 Ueber einen Ersatz der [illegible] von R. Böttger. — 4. Neue [illegible] des Inductionslichts.

([illegible] am 2. Mai 1856.)

Zweites Stück.

[illegible] von Ton-Erregung durch den elektrischen [illegible] J. C. Poggendorff 193

[illegible] und Reflexion des Lichts an Zwillingsflächen [illegible] von J. Grailich 203

[illegible]; von H. Meyer 214

[illegible] Entladungen zweier sphärischen Conduc- [illegible]; von A. Beer 242

Seite

V. Ueber das borsaure Aethyloxyd; von H. Rose 245

VI. Ueber die Krystallform und die Zusammensetzung des Vanadinbleierzes; von C. Rammelsberg 249

VII. Ueber die Identität des Leukophans und Melinophans; von Demselben 257

VIII. Ueber den Tachhydrit, ein neues Mineral aus dem Steinsalzlager von Staßfurth; von Demselben 261

IX. Ueber das Verhalten des Chloroforms zu andern Körpern, namentlich zum Ammoniak, bei höherer Temperatur; von W. Heintz 263

X. Ueber den pseudomorphen Glimmer von Lomnitz; von Gerhard vom Rath 280

XI. Ueber das Aequivalent des Antimons; von R. Schneider . . 293

XII. Neue Volta'sche Batterie 306

XIII. Mittheilungen zur Bestätigung des von Hrn. R. Fritsch gelieferten Nachweises einer secundären Aenderung der Lufttemperatur; von K. G. Zimmermann 307

XIV. Ueber einige elektrische Meteore; von J. Schneider . . . 324

XV. Ueber die am 3. Febr. d. J. gesehene Feuerkugel; von E. Heis 333

XVI. Ueber ein Paar in Chile beobachteter Licht-Phänomene; von Moesta 340

XVII. Beobachtungen über Fluorescenz; vom Fürsten von Salm-Horstmar 343

XVIII. Neuer Interferential-Refractor; von Jamin 345

XIX. Ueber die latente Wärme der Dämpfe; von Legrand . . 349

(*Geschlossen am* 29. *Mai* 1856.)

Drittes Stück.

I. Die brechbarsten oder unsichtbaren Lichtstrahlen im Beugungsspectrum und ihre Wellenlänge; von W. Eisenlohr . . . 353

II. Ueber eine neue Formel zum Höhenmessen mit dem Barometer; vom Generalmajor Baeyer 371

III. Ueber die specifische Wärme einiger einfachen Körper und über die isomeren Modificationen des Selens; von V. Regnault . . 396

IV. Ueber die Beschaffenheit und die Eigenschaften des Ozons; von Th. Andrews 435

Seite

V. Bemerkungen über das Atomgewicht des Antimons; von H. Rose 455

VI. Ueber die Einwirkung von Chlorschwefel auf ameisensaure Baryterde, essigsaures und benzoësaures Natron; von W. Heintz . 458

VII. Ueber den Magnetismus der Eisenerze; von C. B. Greifs . 478

VIII. Ueber die Darstellung des Aluminiums; von C. Brunner . 488

IX. Ueber das geschichtete Licht im elektrischen Ei; von V. S. M. van der Willigen 494

X. Von der Elektricitäts-Erregung, welche man beobachtet, wenn eine Flüssigkeit den sphäroidalen Zustand verläfst; von P. L. Rijke 500

XI. Ueber die Elektricitäts-Erregung durch Reibung; von E. Becquerel 509

XII. Notizen 511

1. Ozonbildung. — 2. Vorkommen des Kryoliths. — 3. Erscheinung beim Sieden.

(*Geschlossen am* 24. *Juni* 1856.)

Viertes Stück.

I. Eine Wellenmessung im Spectrum jenseits des Violetts; von E. Esselbach 513

Anhang I. — Ueber die Anwendbarkeit der Talbot'schen Linien, als Mittel zur Messung optischer Constanten, mit Bezug auf Airy's Theorie derselben S. 527.

Anhang II. — Messung der Brechungsexponenten des ordentlichen Strahls im Quarz S. 541.

II. Ueber die Krystallform und die isomeren Zustände des Selens und die Krystallform des Jods; von E. Mitscherlich . . . 547

III. Versuch zur Begründung einer möglichst einfachen Theorie und Erklärung der Kreiselbewegung; von H. Tellkampf 558

IV. Der Einfluſs der Leitung eines elektrischen Stromes auf die Art Entladung; von P. Riefs 571

…e über die Unterscheidung differenter Schallstärken; von …nd A. Wolf 595

…tallform des Thialdins und einiger seiner Salze; …berg 605

Seite

VII. Ueber die im vorigen Jahre in der Gegend von Bremervörde herabgefallenen Meteorsteine 609

VIII. Bericht des Hrn. Plateau über eine Abhandlung des Hrn. Montigny, die Ursache des Funkelns betreffend 620

IX. Ueber einige phosphorsaure Eisenoxyd-oxydul-Verbindungen; von G. Jenzsch 629

X. Bemerkungen zu dem Aufsatz des Hrn. Siemens über das telegraphische Gegensprechen; von E. Edlund 632

XI. Anwendung eines neuen Hahnsystems auf verdünnende und verdichtende Luftpumpen; von J. J. Silbermann 638

XII. Luftspiegelung an der Sonne; beobachtet von H. Emsmann 642

XIII. Ueber die Temperatur, bei welcher Flüssigkeiten die sie einschliefsenden Gefäfse zu benässen aufhören; von C. Wolf . . 643

(*Geschlossen am* 28. *Juli* 1856.)

Nachweis zu den Kupfertafeln.

Taf. I. — Hittorf, Fig. 1, S. 5; Fig. 1 *a*, S. 6; Fig. 2, S. 8; Fig. 2*a*, S. 10; Fig. 3, S. 12. — Schröder, Fig. 4, 5 u. 6, S. 34. — H. Meyer, Fig. 7, 8 u. 9, S. 135; Fig 10, S. 137. — Kenngott, Fig. 11, 12, 13 u. 14, S. 166. — Regnault, Fig. 15 u. 16, S. 408.

Taf. II. — Meyerstein, Fig. 1, 2 u. 3, S. 92; Fig. 4, S. 97. — Stöhrer, Fig. 5, S. 107. — Siemens, Fig. 6, S. 121; Fig. 7, S. 125; Fig. 8, 9, 10, 11, S. 133.

Taf. III. — Grailich, Fig. 1, S. 206; Fig. S. 207; Fig. 3 u. 4, S. 209; Fig. 5, S. 213. — H. Meyer, Fig. 6, S. 214; Fig. 7, 8, 9, S. 217; Fig. 10, S. 224; Fig. 11, S. 225; Fig. 12 u. 13, S. 229; Fig. 14, S. 231; Fig. 15, S. 234; Fig. 16, S. 237. — Van der Willigen, Fig. 17, S. 495. — Jamin, Fig. 18, S 349. — J. Schneider, Fig. 19, S. 325; Fig. 20, S. 328. — Andrews, Fig. 21, S. 438; Fig. 22 u. 23, S. 447; Fig 24, S 449; Fig. 25, S. 453.

Taf. IV. — Eisenlohr, Fig. 1, S. 354; Fig. 2 u. 3, S. 355; Fig. 4, S. 356, Fig. 5, S. 361; Fig. 6, S. 369. — Baeyer, Fig. 7, S. 391. — Mitscherlich, Fig. 8, 9, S. 548; Fig. 10, 11, 12, S. 549; Fig. 13, 14, 15 u. 16, S. 554; Fig. 17 u. 18, S. 555.

Taf. V. — Esselbach, Fig. 1, S. 515; Fig. 2, S. 518; Fig. 3, S. 516; Fig. 4, S. 523; Fig. 5, S. 528; Fig. 6, S. 531; Fig. 7, S. 525. — Tellkampf, Fig. 8, S. 560; Fig 9, 10, S. 561; Fig. 11, S. 563.

Berichtigungen

zum Aufsatz von H. Meyer, Bd. 96, S. 603.

S. 603 Z. 12 v. u. statt: abgeneigt lies: abgegränzt
» Z. 8 v. u statt: in der Lichtquelle lies: in der Farbe der Lichtquelle
S. 604 Z. 11 v. o. statt: verursacht das von *AB* Fig. 10 Taf. IV kommende Licht auf einer Fläche ... lies: verursacht ein das von *AB* Fig. 10 Taf. IV kommende Licht auf eine Fläche ...
S. 605 Z. 11 v. u. statt: nun lies: nur
S. 606 Z. 2 v. u. statt: nicht lies: meist

Zum Aufsatz von H. Meyer, Bd. 97, S. 233.

S. 239 Z. 21 v. u. statt: um drei Theile, lies: und zum Theil
S. 240 Z. 9 v. u. statt: *F* lies: *f*
S. 245 Z. 16 v. o. statt: $17\frac{1}{2}$ mm lies: ca. $\frac{1}{2}$ mm
S. 246 Z. 15 v. o. statt: *A*, *B* und *C* lies: *AB* und *CD*
S. 246 Z. 16 v. o. statt: *C* lies: *CD*
S. 246 Z. 19 v. o. statt: *DE* lies: *DC*
S. 247 Z. 13 v. u. statt: adoptirt lies: adaptirt
S. 250 Z. 20 v. o. statt: Form lies: Ferne
S. 258 Z. 10 v. u. statt: 1855 Heft 12 lies: 1856 Heft 6

1856. ANNALEN No. 5.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XCVIII.

I. *Ueber die Wanderungen der Ionen während der Elektrolyse; von W. Hittorf in Münster.*

Zweite Mittheilung [1]).

§. 1. Der chemische Vorgang, durch welchen die Elektrolyte den elektrischen Strom fortpflanzen, wird der Beobachtung blofs in den beiden Schichten zugänglich, die unmittelbar an die Elektroden gränzen; alle anderen Querschnitte erscheinen durch die Elektrolyse nicht verändert. Es ist diefs nicht nur dann der Fall, wenn die Elektrolyte durch die Wärme in den flüssigen Zustand versetzt sind; auch die Lösung derselben verhält sich in obiger Weise. Verhindern wir nämlich, dafs die Gränzschichten sich mit den zwischenliegenden mischen, so behalten letztere ihre ursprüngliche Concentration, wie lange sie auch vom Strome durchflossen werden. In dem geschmolzenen Elektrolyten ist die Untersuchung auf die Zersetzungsproducte der Elektrolyse beschränkt: die Beziehungen, in welchen dieselben zur Stärke des Stromes sowie zur Natur des Elektrolyten stehen, sind durch die classischen Arbeiten von Faraday hauptsächlich enthüllt worden. In der Lösung eines Elektrolyten tritt uns noch eine andere Thatsache entgegen, die bis jetzt sehr unvollständig erkannt ist. Es erfahren nämlich die Gränzschichten, in denen die Ionen frei werden, eine Aenderung ihrer Concentration.

§. 2. Die Erscheinung ist am besten bei den Salzen derjenigen elektropositiven Metalle wahrzunehmen, welche das Lösungsmittel nicht zersetzen. Bei diesen wollen wir daher zunächst verweilen. In einer solchen Salzlösung er-

1) Erste Mittheilung: Pogg. Ann. Bd. 89, S. 177.

leidet die Schicht, in welcher das Metall frei wird, eine Verdünnung, während eine Concentrirung die Ausscheidung des elektronegativen Bestandtheils begleitet, wenn wir Sorge tragen, dafs die Anode mit ihm eine lösliche Verbindung eingeht. Letztere Bedingung wird am zweckmäfsigsten erfüllt, indem wir zur Anode dasselbe Metall wählen, dessen Salz dem Strome unterliegt. Man übersieht den Vorgang am besten, wenn die Kathode in dem oberen Theile des Gefäfses, die Anode in dem untern aufgestellt ist, und erkennt alsdann deutlich, wie die Schichten der Flüssigkeit, die nicht in Berührung mit den Elektroden sich befinden, ihre anfängliche Dichtigkeit bewahren.

§. 3. Um nähere Einsicht in die Erscheinung zu gewinnen, müssen wir dieselbe quantitativ bestimmen, die Gröfse der Verdünnung oder Concentration ermitteln. Das Verfahren, welches hier einzuschlagen ist, ergiebt sich aus obiger Darstellung von selbst. Wir unterwerfen eine Lösung von bekanntem Gehalte in jener verticalen Lage dem Strome, spalten sie nach der Elektrolyse an einer beliebigen Stelle, die nur zwischen den Elektroden liegen, sowie unvermischt mit den Gränzschichten seyn mufs, und ermitteln endlich die Zusammensetzung der Flüssigkeit, die in einem der beiden Theile enthalten ist. Theoretisch bleibt es gleichgültig, welche Wahl hierbei getroffen wird, da ja die beiden Theile sich zur ursprünglichen Lösung ergänzen. Praktische Rücksichten geben jedoch bald dem einen, bald dem andern Pole den Vorzug.

§. 4. Die vollständige Untersuchung hat drei Punkte zu beachten. Zuerst ermitteln wir die Menge der freigewordenen Bestandtheile: wir wägen entweder das ausgeschiedene Metall oder suchen den Verlust, welchen die Anode erfahren hat. Beide Bestimmungen mangeln der Schärfe, wenn die Metalle unedle sind und deshalb einer theilweisen Oxydation durch den von der Lösung absorbirten Sauerstoff der Luft unterliegen. Wir begegnen diesem Uebelstande, indem wir in den Strom ein Voltameter einschalten, dessen Zersetzungsproducte genau ermittelt

werden können. Keins gestattet dieſs so vollkommen, wie das von Poggendorff eingeführte Silbervoltameter, dessen Angaben für die schwächsten, wie die stärksten Ströme gleich genau und durch die Wägung des ausgeschiedenen Silbers so leicht zu erhalten sind. Ich bin überzeugt, daſs es das Wasservoltameter, welches häufiger benutzt ist, verdrängen wird. Vorliegende Arbeit wäre wenigstens ohne dasselbe in vielen Fällen nicht durchführbar gewesen.

Der zweite Punkt betrifft die Bestimmung der in der Lösung enthaltenen beiden Ionen. Die Hülfsmittel der quantitativen Analyse kommen hier zur Anwendung. Ist das Lösungsmittel indifferent gegen Strom und Salz, wird es von ersterem nicht zersetzt und übt es keine chemische Einwirkung auf letzteres aus, so liegt nach der Elektrolyse das neutrale Salz noch vor, und es genügt eines der beiden Ionen zu ermitteln. An jedem Pole befindet sich von dem Bestandtheile, der dort frei geworden, genau eine mit dem erhaltenen Silbergewichte aequivalente Menge im Ueberschusse über den andern. Hierbei ist natürlich für die Anode von dem Gewichte abgesehen, welches sie an das austretende Anion verloren hat, und das dadurch in die Lösung gekommen ist. Ich hatte in meiner ersten Mittheilung obiges für die daselbst untersuchten Salze vorausgesetzt, was jedoch nicht ganz richtig ist. Von den drei Lösungsmitteln, deren ich mich bedient habe, Wasser, absoluten Alkohol und Aether, bietet bekanntlich das erstere dem Strome den geringsten Widerstand dar. Derselbe ist jedoch schon so beträchtlich, daſs sehr starke Batterien nothwendig werden, um eine meſsbare Zersetzung zu erhalten. Das Wasser wird ohne Zweifel stets neben [illegible] aufgelösten Elektrolyten vom Strome zerlegt. Die [illegible]ge ist aber, wenn die Concentration bedeutend, gewöhnlich so gering, daſs sie, wie wir sehen werden, in [illegible] Resultaten nicht zu bemerken ist und in den Fehlern [illegible] quantitativen Analyse sich versteckt. Erst bei gröſse-

rer Verdünnung wird sie bestimmbar. In der Flüssigkeit um die Kathode giebt sie sich dadurch zu erkennen, dafs von dem Anion etwas mehr als das Neutralitätsverhältnifs verlangt, gefunden wird. Der Ueberschufs ist nämlich entstanden, indem die kleine Menge Wasserstoff das Kation reducirte und jenen ungebunden liefs. In der Flüssigkeit um die Anode findet sich in analoger Weise ein Ueberschufs des Kation's als Oxyd, welcher der ausgeschiedene Sauerstoff des Wassers mit der Anode gebildet. Aus dem Ueberschusse läfst sich die Menge des zersetzten Wassers berechnen, das Aequivalent derselben ist von der Gesammtmenge des reducirten Metalles abzuziehen, um das zerlegte Salz richtig zu erhalten. Erleidet das Salz durch das Wasser eine chemische Einwirkung, so werden die Verhältnisse sehr verwickelt. Es treten alsdann zwei neue Elektrolyte hinzu, nämlich die Verbindung des Anions mit dem Wasserstoff des Wassers, eine freie Säure, sowie die des Kations mit dem Sauerstoff, eine freie Basis. Der Strom wird sich zwischen die vorhandenen Elektrolyte theilen; es ist aber nicht mehr möglich, den Vorgang im Einzelnen zu beurtheilen.

Es bleibt drittens das Gewicht des Lösungsmittels zu finden übrig. Wurde die Flüssigkeit, welche zur Analyse diente, gewogen, so ergiebt sich dasselbe nach Abzug der beiden in ihr befindlichen Ionen.

§. 5. Die Untersuchung liefert demnach als Resultat die Quantität eines jeden Ions, die in einem bestimmten Gewichte des Lösungsmittels enthalten ist, wenn eine bestimmte Menge des Salzes durch den Strom zersetzt worden. Da der Gehalt der unveränderten Lösung gegeben ist, so sind die Mengen der Ionen, welche vor der Elektrolyse in jenem Gewichte des Lösungsmittels sich fanden, bekannt, und in den Differenzen erscheinen die Gewichte der Ionen, welche durch den Strom nach dem betreffenden Pole geführt oder von demselben entfernt werden. Diese Differenzen sind aber proportional den Quantitäten, welche durch den Strom zersetzt worden. Indem sie auf letztere

bezogen werden, ist die Erscheinung unabhängig von jeder Hypothese dargelegt.

Das beschriebene Verfahren weicht von dem früher von mir angewandten etwas ab. Ich bestimmte damals nicht das Gewicht des Lösungsmittels, sondern gleiche Volumina der Lösung wurden vor und nach der Elektrolyse auf ihren Gehalt untersucht. Der Fehler, der dabei begangen wird, war mir nicht unbekannt [1]); er liegt in der Voraussetzung, dafs die Menge des Lösungsmittels in dem constanten Volumen ebenfalls unverändert geblieben. Für die Salze, deren Verhalten in jener ersten Arbeit niedergelegt ist, übersteigt der Fehler, wie ich dort zeigte, selbst für die concentrirtesten Lösungen, die angewandt wurden, nicht die Fehler der Analyse [2]). In der Folge werden uns jedoch viele Beispiele begegnen, bei denen jene Annahme wahrnehmbare Fehler veranlafst, so dafs dieselbe fast immer vermieden ist.

§. 6. Der Apparat, den ich in meiner ersten Mittheilung benutzte, gestattete die Flüssigkeit um die Kathode zu untersuchen. Es ist leicht, einen solchen für die Lösung um die Anode zu construiren. Ich beschreibe denjenigen, mit welchem ich einen Theil der neuen Resultate gewonnen, und welchen die Fig. I Taf. 1 wiedergiebt. Er besteht mit Ausnahme der Elektroden ganz aus Glas; das Gefäfs, welches die Anode einschliefst, ist durch A bezeichnet und besitzt einen in dem Boden eingekitteten Conus (α) aus dem Metalle, dessen Salz zerlegt wird. Derselbe ruht auf einer Messingplatte (β), welche die Verbindung mit der Batterie vermittelt, und trägt die Anode (γ), die von einer runden durchlöcherten Platte gebildet wird. In die Oeffnung des Gläschen ist der Hals des Gefäfses (B), das die Kathode enthält, eingeschliffen; er kann durch den eingeriebenen Glasstöpsel (δ), der in den langen Stiel (ε) ausläuft, verschlossen werden. Um diesen Stiel schiebt sich die Glasröhre (ζ), auf deren unteres Ende eine durchbohrte runde

1) Pogg. Ann. Bd. 89, S. 190.
2) Pogg. Ann. Bd. 89, S. 196 u. S. 208.

Glasplatte (ϑ) aufgesteckt ist, während die silberne Kathode (ι) in Form eines Kegels sie umgiebt. Der Kegel steht durch den Silberdraht ($\varkappa$) in Verbindung mit dem verschiebbaren Messingarme (λ), der zugleich die Glasröhre trägt, und durch welchen der Strom die Vorrichtung verläfst.

Die Fig. (1.) Taf. I giebt den Aufrifs der zusammengestellten Theile in der Lage, die sie während der Elektrolyse einnehmen. Der Glasstöpsel befindet sich alsdann etwas oberhalb des Halses in einer Schicht der Lösung, deren Concentration unverändert bleibt, und wird in dieser Stellung durch einen zweiten Arm (μ) gehalten. Ist die Elektrolyse beendigt, so senkt man vorsichtig den Stöpsel, und schliefst dadurch die Flüssigkeit um die Anode ab. Die Messingarme nebst der Kathode werden entfernt und das Gefäfs (B) ausgehoben. Das Gläschen (A) wird nun durch eine aufgeschliffene Glasplatte bedeckt und, nachdem es auf die Temperatur der Umgebung erkaltet, gewogen. Der Inhalt dient endlich zur Analyse. Der ganze Apparat ruht auf einer matten Glasplatte und wird von einer aufgeschliffenen Glasglocke eingeschlossen.

§. 7. Zur Erläuterung und Bewährung der Methode theile ich einen Versuch mit, zu welchem die wässerige Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd in derselben Concentration genommen wurde, wie sie in der ersten Abhandlung so oft benutzt und dort mit der Ziffer II bezeichnet ist. Die Analyse beschränkte sich ebenfalls auf die Bestimmung des Kupferoxyds.

Schwefelsaures Kupferoxyd.

Spec. Gewicht 1,1014 bei 8° C. (Wasser von derselben Temperatur diente als Einheit).

32,3609 Gr. der Lösung gaben 1,4942 Gr. Cu.

Der Strom zweier kleinen Grove'schen Becher reducirte in 1 Stunde 5 Min.: 0,7822 Gr. Silber, was 0,2294 Gr. Kupfer aequivalent ist.

Die Lösung um die Anode, welche aus Kupfer bestand,

das aus reinem Vitriol galvanoplastisch gewonnen war, enthielt nach der Elektrolyse

in 32,7809 Gr.: 1,7003 Gr. Cu.

Daraus berechnen sich in 29,3674 Gr. Wasser: 3,4135 Gr. $\dot{S}\dot{C}u$ und 1,3577 Gr. Cu. Ziehen wir das Aequivalent Kupfer ab, das von der Anode sich löste, so bleiben 1,1283 Gr. Cu. Die 29,3674 Gr. Wasser führten vor der Elektrolyse 1,1933 Gr. Cu. Demnach wurden $1{,}1933 - 1{,}1283 = 0{,}065$ Gr. Kupfer zur Kathode geführt oder $\frac{650}{2294} = 0{,}284$ des reducirten Kupfers. Die Versuche, welche mit dieser Lösung in der ersten Mittheilung angestellt wurden, ergaben als Mittel 0,287. Die Uebereinstimmung der Zahlen, die an verschiedenen Polen mit verschiedenen Apparaten gewonnen wurden, ist der beste Beleg, dafs unsere Auffassung der Erscheinung richtig ist.

§. 8. Das Resultat steht aber im Widerspruche mit demjenigen, welches Daniell und Miller [1]) erhielten.

Ihr Zersetzungsapparat war durch ein Diaphragma, das bald aus einer Membrane, bald aus einer porösen Thonplatte bestand, in zwei horizontal neben einander liegende Zellen getheilt. Als sie denselben mit der Lösung unseres Salzes füllten, fanden sie nach der Elektrolyse sowohl um die Kathode wie um die Anode, die von Platin war, die Menge des Kupfers unverändert wieder, welche sie ursprünglich hineingebracht. Ihr Verfahren ist in mehrfacher Hinsicht zu verwerfen. Zuerst beachten die beiden Physiker nicht die Erscheinung, dafs bei der Elektrolyse die gesammte Masse der Lösung eine Fortführung von der Anode zur Kathode erfährt, eine Erscheinung, deren Gesetze von Wiedemann [2]) so vortrefflich ermittelt sind. Da die Zellen ihres Apparates nicht geschlossen waren, so mufste hierdurch die Menge der Lösung um die Anode vermindert, um die Kathode vermehrt werden. Ein zweiter Fehler entsprang daraus, dafs die Lösung in der positiven Zelle durch

1) Pogg. Ann. Bd. 64, S. 40.
2) Pogg. Ann. Bd. 87, S. 321.

die Elektrolyse gänzlich verändert wurde, indem sie sich mit der freiwerdenden Schwefelsäure, welche ein so guter Leiter des Stromes ist, vermischte. Letzterem Umstande schreibe ich hauptsächlich die Abweichung ihrer Resultate zu, da ersterer in entgegengesetzter Weise auf sie einwirken mufste.

§. 9. Die verticale Lage, welche ich den Elektroden über einander gebe, sowie die Ausschliefsung des Diaphragma verhindern in meinen Apparaten die Fortbewegung der gesammten Masse der Lösung vom positiven zum negativen Pole. Ich habe mich durch besondere Versuche überzeugt, dafs dieser Vorgang auf die Ueberführung der Ionen keinen Einflufs ausübt, dafs beide Wirkungen des Stromes unabhängig von einander auftreten. Hierzu benutzte ich den Apparat Fig. 2 Taf. I, welcher im Wesentlichen mit dem der HH. Daniell und Miller identisch und daher auch nur im Aufrifs dargestellt ist.

Drei Glascylinder mit dicken Wandungen, von denen die äufseren A und C einen Boden haben, wurden aufeinander geschliffen und können durch die Schrauben (a und b) zu einem Ganzen verbunden werden. In B und C sind Thonplatten (α, α') eingekittet, wodurch drei Zellen entstehen. Die kleinere Zelle (A) enthält die Kathode (β), eine runde Metallplatte, deren Stift (δ) in den hohlen Glasstöpsel (ε) eingekittet ist. Die gröfsere C umschliefst die Anode (γ), welche aus einer Kupferplatte besteht und in derselben Weise befestigt ist. Jede Zelle besitzt eine Oeffnung (ζ, ζ', ζ''), durch welche die Füllung des Apparates vorgenommen wird, und welche bald durch eingeriebene Glasstöpsel geschlossen wurden, bald Glasröhren aufnahmen.

Der Apparat zeigt sehr schön die Fortführung, welche die Lösung als Ganzes, Wasser wie Salztheilchen gleichmäfsig während der Elektrolyse erfahren. Sind nämlich die beiden Thonplatten von derselben Beschaffenheit und
ei Zellen bis zur nämlichen Höhe in den eingesetzten
eiten Röhren gefüllt, so beginnt sogleich, sowie

der Strom geschlossen, das Niveau in der Röhre von *A* zu steigen und in demselben Grade in der von *C* zu fallen, während es in *B* unverändert bleibt. Es tritt in die Zelle *B* aus *C* soviel Lösung hinein, als nach *A* abgegeben wird. Vertauscht man die Röhre in *C* mit dem Glasstöpsel, so kann aus dieser Zelle die Fortführung nicht mehr stattfinden, indem der Druck der Luft denjenigen, welcher die Flüssigkeit in Bewegung setzt, weit übersteigt. Jetzt senkt sich daher das Niveau in *B* und hebt sich in derselben Weise in *A*. Vertauscht man ferner die Röhre in *A* mit dem Stöpsel, während in *C* wieder die Röhre eingesetzt ist, so vermehrt sich die Flüssigkeit in der Zelle *B*, und vermindert sich in gleichem Maafse in *C*. Sind zwei der Oeffnungen gleichzeitig verschlossen, so hört die Fortführung überall auf.

Durch diesen Apparat läfst sich nun leicht darthun, dafs die Fortführung der gesammten Lösung und die Wanderungen der Ionen ganz unabhängig von einander vor sich gehen. Es werden nämlich für letztere dieselben Zahlen gewonnen, die wir mit den früheren Vorrichtungen erhielten. Gleichzeitig ergiebt sich daraus, dafs die Einschaltung eines Diaphragma's ebenfalls ohne Einfluſs ist.

Ich habe die folgenden beiden Versuche mit der Lösung II des $\ddot{S}\dot{C}u$ angestellt.

Versuch *A*.

Die Fortführung der Lösung war gehemmt, indem die Oeffnungen durch die Glasstöpsel verschlossen waren. Da die gefüllte Zelle *A* sich nicht gut wägen liefs, so wählte ich das frühere Verfahren und bestimmte den Gehalt an $\dot{C}u$ in der Lösung, welche *A* füllte, vor und nach der Elektrolyse.

Der Strom reducirte im Voltameter 2,0189 Gr. Ag, welche 0,5918 Gr. Cu aequivalent sind.

Die Lösung in *A* gab vor der Elektrolyse 3,2662 Gr. $\dot{C}u$

nach der Elektrolyse 2,7473 Gr. $\dot{C}u$

demnach fehlen: 0,5189 Gr. $\dot{C}u$,

welche 0,4142 Gr. Cu enthalten. Da sich um die Kathode 0,5918 Gr. Cu finden, so hat die Elektrolyse den Kupfergehalt dieser Zelle vermehrt um 0,5918—0,4142=0,1776 Gr.

oder um $\frac{1776}{5918} = 0{,}300$ des reducirten Kupfers.

Die Abweichung dieser Zahl von der früheren 0,287 erklärt sich hinreichend aus der Ungenauigkeit, welche die poröse Thonwand beim Ausheben der Lösung aus der Zelle bewirkt.

Versuch *B*.

Der Stöpsel in *A* wurde durch die kleine eingeschliffene Glasröhre (ϑ), die in eine feine Oeffnung endigte, ersetzt, die Zelle *A* um 180° gegen die beiden anderen gedreht und sodann vollständig bis zur Spitze der Röhre (ϑ) mit der Lösung gefüllt. Der Apparat erhielt die Lage, welche Fig. 2, Taf. I darstellt, worin die Röhre nach unten gewendet ist. Es geschah diefs, damit die verdünnte Lösung, welche sich an der Kathode bildet, möglichst gegen das Ausfliefsen geschützt ist. Nachdem *B* und *C*, deren Oeffnungen ungeschlossen blieben, ebenfalls gefüllt waren, ward der Strom hineingeleitet. Sogleich begannen Tropfen aus der Spitze der Röhre zu dringen, die aufgefangen wurden.

Der Strom dauerte 1 Stunde 23 Minuten und reducirte im Voltameter 2,0382 Gr. Ag, was 0,5974 Gr. Cu entspricht. Die Lösung, welche ausgetropft war, wog 6,1815 Gr. Die Lösung, welche nach der Elektrolyse die Zelle *A* bis zur Spitze der Röhre füllte, gab 2,7444 Gr. Cu, während die unveränderte Lösung, welche denselben Raum der Zelle *A* ausfüllte, enthielt: 2,2735 Gr. Cu. Demnach beträgt die Verminderung 0,5291 Gr. Cu oder 0,4223 Gr. Cu. Da 0,5974 Gr. Cu in dieser Zelle ausgeschieden sind, so ergiebt sich folgende Vermehrung des Kupfers:

$0{,}5974 - 0{,}4223 = 0{,}1751$ Gr. oder $\frac{1751}{5974} = 0{,}293$ des reducirten.

Die bis jetzt beschriebenen Apparate reichen um die Lösungen aller Elektrolyte zu untersu-

chen. So eignet sich derjenige, welcher in der vorigen Mittheilung gebraucht wurde, nur für die Salze, bei deren Elektrolyse an der Kathode kein Wasserstoffgas sich entwickelt. Die im §. 6 dieses Aufsatzes beschriebene Vorrichtung gestattet eine etwas ausgedehntere Anwendung, indem sie noch für die Fälle pafst, wo neben dem Metalle gleichzeitig Wasserstoffgas frei wird, wenn nur an der Kathode eine Verdünnung der Lösung eintritt. Giebt man ihr nämlich eine hinreichende Höhe, so pflanzt sich die Bewegung, welche die Gasentwicklung verursacht, nicht bis zur Anode fort, und die Flüssigkeit um dieselbe kann zur Analyse benutzt werden. Sie wird demnach noch brauchbar seyn für die Salze des Zinks, des Eisens und ähnlicher Metalle.

Die Salze der Alkalien und alkalischen Erden können jedoch nicht darin untersucht werden, denn es läfst sich einmal die Anode nicht aus den Metallen dieser Salze nehmen. Sodann zersetzen die Metalle, welche an dem negativen Pole ausgeschieden werden, sogleich das Lösungsmittel: es entstehen daselbst Oxyde, die sich entweder lösen und eine dichtere herabsinkende Flüssigkeit erzeugen, oder weil sie schwer- und unlöslich sind, sich ausscheiden und als Isolatoren den Strom unterbrechen.

Die folgenden Betrachtungen werden uns zur Construction eines Apparates führen, der diese Salze, welche ein sehr grofses Interesse bieten, wenigstens in ihren wichtigsten Repräsentanten aufschliefst.

Wie ich in der ersten Mittheilung gezeigt, werden die Ueberführungen, welche wir suchen, dadurch bedingt, dafs die Ionen eines jeden Querschnittes um eine bestimmte Strecke des Zwischenraumes, der ihn von dem nächsten trennt, den betreffenden Elektroden sich nähern. Ich habe daselbst durch die Fig. 2 und 3 [1]) zu veranschaulichen gesucht, dafs die Zahlen, welche wir finden, die relativen Wege ausdrücken, welche die beiden Ionen jedes Querschnittes bei jeder Zersetzung und Wiedervereinigung nach

1) Pogg. Ann. Bd. 89, Tafel II.

den Polen zurücklegen. Ohne Einfluſs auf dieselben muſs die Natur der Elektroden seyn, welche wir nach Faraday nur als die Begränzungen des Elektrolyten, als die Thüren, durch welche der Strom aus- und eintritt, anzusehen haben. Unsere Zahlen werden nicht geändert, welche Metalle wir zu den Polen nehmen, wenn nur dadurch die Lösung in der Nähe der Trennungsstelle nicht verändert wird. Ich wählte bis jetzt die Anode stets aus dem Metalle, dessen Salz in der Lösung sich befand, weil dadurch ein dreifacher Zweck am einfachsten erreicht war. Einmal wurde die störende Gasentwickelung an diesem Pole vermieden; sodann entstand daselbst eine specifisch schwerere Flüssigkeit und endlich gelangte kein anderes Salz in die Lösung. Wir dürfen aber zur Anode jedes Metall benutzen, sobald es mit dem Anion eine lösliche Verbindung eingeht, wenn wir nur Sorge tragen, daſs das entstehende Salz um die Anode bleibt, wenigstens nicht in die Nähe der Trennungsstelle gelangt. In analoger Weise verhält es sich mit der Kathode. Wird die Lösung um den positiven Pol zur Analyse benutzt, so dürfen wir den negativen mit einem andern Elektrolyten umgeben, wenn er nur nicht während der Elektrolyse bis zur Trennungsstelle vordringt.

§. 11. Indem ich diese Gesichtspunkte festhielt, entstand folgender Apparat, welcher sich für jedes Salz eignet, dessen Anion mit einem, das Lösungsmittel nicht zersetzenden Metalle eine lösliche Verbindung eingeht. Er wird, wie Fig. 3 Taf. I zeigt, aus vier übereinander stehenden Glasgefäſsen gebildet. Das unterste *A* trägt etwas über dem metallischen Boden, der in Verbindung mit der Batterie steht, die Anode (α), welche in den meisten Fällen aus amalgamirtem Cadmium besteht. Dieses Metall verdient deshalb den Vorzug, weil es so viele lösliche Salze bildet und wenig vom freien Sauerstoff afficirt wird. Seine Legir[ung] Quecksilber ist nicht brüchig, sondern eben so d[ehnbar] wie das Metall selbst, und hält sich auf der Ob[erfläche] während der Elektrolyse glänzend und rein.

Die drei anderen Gefäfse *B*, *C*, *D* sind aus Präparatengläsern gewonnen, deren Boden abgesprengt wurde, und deren Hals die Diaphragma (β, γ, δ) schliefsen. Es waren diefs gewöhnlich ganz feine Membranen, wie sie sich durch Spalten eines Rinderdarmes in zwei Häute gewinnen lassen, oder in einzelnen Fällen dünne Thonplatten. Das oberste Glas *D* enthält die Anode (ε), ein nach unten gewölbtes Platinblech. *A*, *B*, *C* werden mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt; *D* dagegen enthält gewöhnlich eine specifisch leichtere Lösung der Säure im freien Zustande, welche in dem Salze gebunden ist.

Während der Elektrolyse bildet die Anode von Cadmium mit dem dort austretenden Bestandtheile ein Salz, das durch sein hohes spec. Gewicht sich um dieselbe hält und nur langsam vom Strome in die Höhe geführt wird. Damit dasselbe nicht durch eine Erschütterung, durch ein aufsteigendes Luftbläschen oder die schwache Strömung, welche mit der Aenderung der Temperatur verbunden ist, in die obersten Schichten der Gläschen *A*, welche die Trennungsfläche bilden, gelangt, befindet sich noch ein viertes Diaphragma (ζ) ungefähr in der Mitte von *A*. Dasselbe ist über einen Glasring (ϑ) gespannt, der bis zu jener Stelle des nach oben sich etwas erweiternden Gefäfses eingepafst ist.

Die Untersuchung wird nun in folgender Weise geführt. Sind die reinen Membranen aufgespannt und getrocknet, so wird das Gläschen *A*, die Anode und das Diaphragma einschliefsend, und von einer aufgeschliffenen Glasplatte bedeckt, gewogen. Darauf erfolgt sogleich die Füllung des ganzen Apparates, und der Strom beginnt. Derselbe dauert so lange, bis eine zur Analyse hinreichende Salzmenge, die aus dem niedergeschlagenen Silber des Voltameters beurtheilt werden kann, ausgeschieden ist, während das Cadmiumsalz in den unteren, die freie Säure in den oberen Schichten geblieben ist. Dafs diefs der Fall gewesen, lehrt die Lösung in *B*, welche unverändert geblieben seyn mufs, weder freie Säure noch Cad-

mium enthalten darf. Das Gläschen (*A*), durch die Deckplatte geschlossen, erkaltet auf die Temperatur der Umgebung, wird alsdann gewogen und zur Analyse entleert. Die Differenz der beiden Gewichte ist die Menge der Lösung, deren Ionen zu bestimmen sind, wenn von dem aufgenommenen Cadmium abstrahirt wird. Man erkennt unmittelbar, wie bei diesem Verfahren der Umstand, dafs die Membrane eine hygroskopische Substanz ist, keine Ungenauigkeit in den Wägungen herbeiführt. Um den Ring herauszunehmen, dient ein gebogener Metalldraht von beistehender Gestalt (*i*). Die Membrane läfst sich ihrer Feinheit wegen, sehr leicht auswaschen.

Je verdünnter die Lösung ist, die wir untersuchen, desto eher wird das Cadmium in die Höhe geführt, desto gröfsere Dimensionen müssen wir dem Apparate geben, wenn eine zur Analyse genügende Salzmenge zersetzt werden soll, bevor eine Aenderung an der Trennungsstelle eingetreten ist. Ich habe die Vorrichtung in vier verschiedenen Gröfsen benutzt; das kleinste Gläschen *A*, bestimmt für die Elektrolyse der concentrirtesten Lösungen, war 53^{mm} hoch und nahm 12 Gr. Wasser auf. Das gröfste Glas hatte die Höhe von 140^{mm} und enthielt 238 Gr. Wasser. Es wurde zu den schwächsten Lösungen, die ich untersucht, und welche bis zur 400fachen Verdünnung gingen, benutzt. Die Dimensionen der beiden anderen lagen zwischen den genannten und die Gefäfse *B*, *C*, *D* entsprachen dem unteren *A*. Um die quantitative Analyse mit hinreichender Genauigkeit ausführen zu können, wurde gewöhnlich nicht unter 0,4 Gr. Silber im Voltameter abgeschieden.

Es wurden in der Regel keine starken Ströme zur Elektrolyse benutzt, und dadurch ein beträchtliches Steigen der Temperatur vermieden. Der Verlust an Wasser, den das Gläschen *A* an der nicht absolut geschlossenen Trennungsfläche durch Verdunstung erleidet, war deshalb unmerklich, zumal da eine Glocke die Vorrichtung einhüllte. Befürchtete man in einzelnen Fällen durch diesen Umstand

einen Fehler, so wurde um jene Stelle eine Röhre aus vulkanisirtem Gummi gelegt.

§. 12. In der ersten Mittheilung zeigte ich an, der Lösung des $\dot{S}\dot{C}u$, dafs die Zahlen für die Ueberführungen unabhängig von der Stärke des Stromes sind. Wird nämlich in derselben Lösung dieselbe Salzmenge zersetzt, so findet sich dieselbe Vermehrung und Verminderung der betreffenden Ionen an den Polen, in welcher Zeit auch die Elektrolyse vollzogen wurde. Ich habe im Laufe meiner Untersuchungen vielfach Gelegenheit gehabt, mich von der Richtigkeit dieses Gesetzes zu überzeugen, ohne welches meine Arbeit werthlos wäre. Ich halte das Gesetz für wichtig, und, was die Elektrolyse der Lösungen betrifft, für fundamental. Es steht im Widerspruche mit einer sehr verbreiteten Auffassung des Vorganges bei der Elektrolyse, welche Prof. Bunsen am bestimmtesten ausgesprochen hat [1]).

»Darnach übt die Dichtigkeit des Stromes, d. h. die Stromstärke dividirt durch die Polfläche, an der die Elektrolyse erfolgt, den wichtigsten Einfluſs auf die chemischen Wirkungen aus. Mit dieser Dichtigkeit wächst die Kraft des Stromes, Verwandtschaften zu überwinden.«

Nach dieser Auffassung müſste sich der Strom, je nach seiner Intensität, in verschiedener Weise in derselben Lösung eines Elektrolyten vertheilen; er würde bei hinreichender Schwäche ein Salz, dessen Ionen durch eine nach chemischen Begriffen starke Verwandtschaft gebunden sind, umgehen und erst bei gröſserer Intensität dasselbe zersetzen können. Verhielte sich die Sache in dieser Weise, so müſsten die Zahlen für die Ueberführung von der Stromstärke abhängig seyn. Da man gegen das Kupfersalz den Einwand, dafs es eine schwache Verbindung sey, erheben kann, so verweise ich beispielsweise auf die unten folgenden Elektrolysen der Kalisalze, welche so constante Resultate ergeben.

1) Ueber die Darstellung des Chroms auf galv. Wege, Pogg. Ann. Bd. 91, S. 619.

Die Elektrolyte verhalten sich, sie mögen geschmolzen oder gelöst seyn, wie die metallischen Leiter. Tritt der Strom in denselben Punkten ein und aus, so schlägt er stets denselben Weg ein, vertheilt sich in der Masse des Leiters auf gleiche Weise, welches auch seine Intensität sey. Ich zweifle nicht, dafs diese Beziehung auch für die Lösung zweier oder mehrerer Elektrolyte gültig bleibt, wie verschieden auch die Verwandtschaft ist, mit der ihre Ionen gebunden sind. Den Nachweis mufs ich mir für eine spätere Zeit vorbehalten; durch die Beachtung der Ueberführungen läfst sich nämlich die Theilung des Stromes zwischen zwei Elektrolyte, die in derselben Lösung enthalten sind, ermitteln.

Man würde mich mifsverstehen, wenn man aus diesem Widerspruche gegen den berühmten Chemiker schliefsen wollte, dafs ich die Thatsachen, aus denen er seine Auffassung abstrahirt, nicht anerkenne. Dieselben sind mir lange und wohl bekannt und ich habe sie bereits in meiner ersten Mittheilung [1]) berührt. Von dem Standpunkte des Chemikers, der die Metalle, welche unsere Lösungsmittel zu zersetzen vermögen, durch die Elektrolyse ihrer Salzlösungen zu gewinnen sucht, wird die Dichtigkeit des Stromes an dem negativen Pole von der gröfsten Bedeutung, und die Erscheinungen, die sich in dieser Beziehung bei den Verbindungen des Chroms, Mangans, Eisens, Kobalts, Nickels zeigen, können nicht besser von der empirischen Seite dargestellt werden, als es von Bunsen geschehen ist. Je nach der Stromdichtigkeit in den einzelnen Punkten der Kathode erscheinen bei diesen Elektrolyten bald die Metalle, bald die Sauerstoffverbindungen der Metalle nebst Wasserstoff. Je gröfser die Dichtigkeit, desto reichlicher tritt das Metall auf, und umgekehrt.

Mein Protest ist blofs gegen die Deutung gerichtet. Wir dürfen nicht die Ausscheidung der Sauerstoffverbindung als eine primäre Wirkung des Stromes betrachten. Es liegt kein Beispiel vor, dafs der Strom ein geschmolze-

1) Pogg. Ann. Bd. 89, S. 208.

nes Salz, dessen Constitution die Möglichkeit eines secundären Processes ausschliefst, in die Säure und Basis spaltet; immer tritt die Zerlegung so ein, dafs Metall an der Kathode, Säure und Sauerstoff an der Anode erscheinen. So lange ein solches Beispiel nicht nachgewiesen, sind wir nicht berechtigt, die Entstehung der Oxyde, die wir in Lösungen beobachten, in jener Weise zu interpretiren, sondern müssen sie als secundäre Producte, wie Faraday in vielen analogen Fällen zuerst gezeigt, ansehen. Das Metall nämlich, welches der Strom frei macht, oxydirt sich auf Kosten des Wassers und daher stammt das Oxyd nebst dem Wasserstoffe. Da diese Oxydation Zeit erfordert, so wird ein um so gröfserer Theil des vom Strome ausgeschiedenen Metalles geschützt, je rascher die Ausscheidung an der betreffenden Stelle der Kathode erfolgt, und hieraus erklärt sich die Bedeutung der Dichtigkeit, wenn man die Metalle zu gewinnen beabsichtigt. In den Lösungen der Alkalien und alkalischen Erden erscheinen gewöhnlich nur das Oxyd und der Wasserstoff. Es ist Bunsen jedoch gelungen, indem er einen amalgamirten Platindraht als negativen Pol benutzte und die Stromdichtigkeit auf den Werth seiner Einheit steigerte, sogar Baryum und Calcium aus den mit Salzsäure angesäuerten kochend heifsen Lösungen ihrer Chlorverbindungen in geringer Menge zu conserviren.

Daniell [1]) hat zuerst den Wasserstoff, welcher sich bei der Elektrolyse der wässerigen Lösungen der Salze der Alkalien und alkalischen Erden entwickelt, als secundär dargethan, indem er zeigte, wie die Menge des Oxydes, welches gleichzeitig frei wird, demselben aequivalent ist, und wie jede andere Deutung die willkührlichsten Annahmen zu Hülfe nehmen mufs. In analoger Weise wies ich [2]) den secundären Ursprung des Wasserstoffs in meiner ersten Mittheilung für einen der Fälle nach, wo neben demselben gewöhnlich auch das Metall erscheint. Der Elektrolyt war $\dot{S}\dot{F}e$. Ich machte nämlich aufmerksam, wie die Lö-

1) Pogg. Ann. Ergänzungsbd. I. S. 565.
2) Pogg. Ann. Bd. 89, S. 209.

sung um die Kathode neutral bleibt, und wie dem reducirten Eisen, wenn Wasserstoff erscheint, Sauerstoff beigemengt ist. Verwandelt man den Absatz in Oxyd, so enthält dasselbe gerade so viel Eisen, als dem gleichzeitig im Voltameter reducirten Silber aequivalent ist. Diese Beziehung scheint mir wichtiger, als diejenige zu seyn, welche Hr. Buff [1]) vor Kurzem für die Lösung des Eisenchlorürs dargethan. Er löste nämlich den Absatz an der Kathode in Salzsäure auf und maafs den Wasserstoff, der dabei frei wurde. Derselbe ergänzte denjenigen, welcher neben dem Eisen bei der Elektrolyse erschienen war, zu dem Volumen, welches an der Kathode des Wasservoltameters gleichzeitig erhalten worden. Man erkennt unmittelbar, wie dieses Resultat in dem meinigen inbegriffen ist und keines besonderen Nachweises bedurfte.

§. 13. Die beiden Elektrolyte $\dot{S}Cu$ und $\dot{N}Ag$ ergaben in ihren Lösungen von verschiedener Concentration, welche in der ersten Mittheilung untersucht wurden, keine constanten Zahlen für die Ueberführungen. Die Unterschiede waren jedoch für das Salz des Kupfers beträchtlicher, wie für das des Silbers. Die Fortsetzung der Arbeit hat mich Elektrolyte kennen gelehrt, bei welchen die Ionen in ganz constanter Menge übergeführt werden, wie verschieden auch die Menge des Wassers ist. Es verhalten sich in dieser Weise die Verbindungen des Kaliums und Ammoniums mit den nach chemischer Auffassung stärksten Anionen (Cl, $\dot{S}$, $\dot{N}$), und mit diesen interessanten Salzen werden wir beginnen.

§. 14. Chlorkalium.

Zur Elektrolyse diente der Apparat III, welcher in den oben angegebenen vier Dimensionen für die Lösungen sehr verschiedener Concentration benutzt wurde. Die Anode

1) Ueber den Vorgang der elektrisch-chemischen Zersetzung und über die Elektrolyse des Eisenchlorids. Annal. der Chemie und Pharm. Bd. 94, S. 24.

bestand aus amalgamirtem Cadmium; die Kathode umgab eine Lösung von Salzsäure, deren spec. Gewicht ungefähr halb so grofs, wie das der Salzlösung war. Um die später folgenden Zahlenangaben verständlich zu machen, theile ich den Gang der Untersuchung für eine Lösung vollständig mit.

Lösung I.

Spec. Gewicht der Lösung bei 4,5° C.: 1,1034. Wasser von derselben Temperatur ist stets als Einheit genommen. 10,1255 Gr. dieser Lösung hinterliefsen nach dem Eindampfen in einer Platinschale: 1,5319 Gr. ClK, welche 0,72801 Gr. Cl enthalten. Es kommen demnach auf 1 Th. Salz 6,6097 Th. Wasser. In der Lösung um die Anode war nach der Elektrolyse das Chlor und Kalium quantitativ zu bestimmen. Um diefs mit der gröfsten Genauigkeit auszuführen, benutzte ich nicht dieselbe Lösung zu beiden Bestimmungen, sondern zersetzte die Flüssigkeit zwei Mal und wählte die eine Elektrolyse für die Analyse des Chlors, die andere für die des Kaliums.

A.

Der Strom von 6 kleinen Grove'schen Bechern, die mit oft gebrauchter Salpetersäure versehen waren, reducirte in 1 Stunde 40 Minuten: 0,7315 gr. Ag, was 0,24022 Gr. Cl entspricht.

Das Gläschen, welches die Anode enthielt, wog vor der Elektrolyse mit dem Glasringe, der Membrane und der Glasplatte 30,878 Gr. Nach derselben hatte es mit der Lösung das Gewicht 41,347 Gr. Die Differenz von 10,469 Gr. ist demnach das Gewicht jener Lösung mit Ausschlufs des Cadmiums, welches die Anode verlor.

Diese Flüssigkeit lieferte 3,5474 Gr. ClAg oder 0,8770 Gr. Cl. Wurde nur das ClK zersetzt, blofs Chlor und kein Sauerstoff an der Anode ausgeschieden, so waren 0,24022 Gr. Cl mit Cd verbunden und der Rest mit K. Alsdann enthielten jene:

10,469 Gr.
1,340 Gr. ClK
9,129
und 0,2402 Gr. Cl
8,8888 Gr. Wasser.

Diese 8,8888 Gr. Wasser führten vor der Elektrolyse: 0,75302 Gr. Cl. Demnach beträgt die Ueberführung des Chlors:

0,8770
— 0,75302
0,12398 Gr.

oder $\frac{12398}{24022} = 0{,}516$ der reducirten Chlormenge.

B.

Der Strom von 6 Elementen zersetzte 0,7672 Gr. Ag 0,25195 Gr. Cl. Die Lösung um die Anode, welche nach der Elektrolyse zur Analyse benutzt wurde, wog mit Ausschluſs des gelösten Cadmiums 10,617 Gr. und lieferte, nachdem letzteres durch Schwefelwasserstoff entfernt war, beim Eindampfen in einer Platinschale: 1,3507 Gr. ClK. Unter derselben Voraussetzung, wie im vorigen Versuche, enthalten daher:

10,6170 Gr.
1,3507 Gr. ClK oder 0,6419 Gr. Cl.
9,2663
und 0,2519 Gr. Cl
9,0144 Gr. Wasser.

Diese 9,0144 Gr. Wasser enthielten vor der Elektrolyse 0,76366 Gr. Cl. Die Ueberführung des Chlors beträgt sonach:

0,89385
— 0,76366
0,13019 Gr.

oder $\frac{13019}{25195} = 0{,}516$,

Die Uebereinstimmung der Zahlen begründet die Annahme, daſs blofs ClK wahrnehmbar zersetzt wurde. Die gleich- Elektrolyse des Wassers neben der des Salzes wird

erst bei gröfserer Verdünnung für die quantitative Analyse erkennbar.

Lösung II.

Spec. Gewicht bei 8,8° C.: 1,0162.

A.

38,907 Gr. der Lösung gaben 1,8504 Gr. Cl Ag. Daraus berechnet sich als Gehalt: 1 Th. Cl K auf 39,42 Th. Wasser. und 0,45745 Gr. Cl auf 37,9444 Gr. Wasser. Der Strom von 6 kleinen Elem. reducirte in 1ʰ 52′: 0,6622 Gr. Ag oder 0,21746 Gr. Cl.

Die Lösung um die Anode wog mit Ausschlufs des Cadmiums nach der Elektrolyse: 56,9436 Gr. und gab 3,1585 Gr. Cl Ag. Unter der Annahme, dafs blofs Cl K zersetzt wurde, ergiebt sich daraus auf:

56,9436 Gr.
1,1855 Gr. Cl K
55,7581 Gr. } 0,78083 Gr. Cl.
0,2175 Gr. Cl
55,5406 Gr. Wasser.

Diese 55,5406 Gr. Wasser führten vor der Elektrolyse 0,66959 Gr. Cl und so beträgt die Ueberführung des Chlors:

0,78083
— 0,66959
0,11124 Gr.

oder $\frac{11124}{21746} = 0{,}512$ des Aequivalentes.

B.

41,4622 Gr. derselben Lösung hinterliefsen nach dem Eindampfen in der Platinschale 1,0252 Gr. Cl K, so dafs hiernach auf 1 Th. Cl K: 39,44 Th. Wasser oder 0,48721 Gr. Cl auf 40,437 Gr. Wasser kommen. Der Strom von 6 kleinen Elem. reducirte in 2ʰ 20′ 0,6908 Gr. Ag oder 0,22686 Gr. Cl.

56,613 Gr. der Lösung um die Anode lieferten nach der Elektrolyse und nachdem das Cadmium durch Schwefelwasserstoff gefällt war, beim Eindampfen 1,1700 Gr. Cl K. Unter der bekannten Annahme ergiebt sich daraus auf

56,613 Gr.
1,1700 Gr. Cl K oder 0,55604 Gr. Cl
55,4430
0,2269 Gr. Cl
55,2161 Gr. Wasser.

Da diese 55,2161 Gr. Wasser vor der Elektrolyse 0,66527 Gr. Cl enthalten, so folgt für die Ueberführung des Chlors

0,7829
— 0,66529
0,11761 Gr.

oder $\frac{11761}{22686} = 0{,}518$ des Aequivalentes.

Die Zahlen aus den Versuchen *A* und *B* sind verschieden. Das Mittel aus beiden ist beinahe die in der Lösung I gefundene Ueberführung. Wir schliefsen hieraus, dafs die Annahme, unter welcher die Berechnung der Resultate erfolgte, dafs nämlich blofs Cl K zersetzt wurde, nicht mehr richtig ist. Das Wasser hat einen Theil des Stromes geleitet, den wir nebst der wirklichen Ueberführung leicht aus unseren beiden Versuchen berechnen.

Wir bezeichnen zu dem Ende mit x das Verhältnifs zwischen den zersetzten Aequivalenten von HO und Cl K, und mit y das Verhältnifs der übergeführten zur ausgeschiedenen Menge des Chlors; alsdann liefert uns jeder Versuch eine Gleichung zwischen x und y.

Nennen wir nämlich im Versuche *A* das Gewicht des frei gewordenen Chlors α, so ist das Gewicht des gleichzeitig ausgeschiedenen Sauerstoffs $\frac{\alpha . x . O}{Cl}$. Im Voltameter entspricht der Chlormenge α die Silbermenge $\frac{\alpha . Ag}{Cl}$ und der Sauerstoffmenge $\frac{\alpha . x O}{Cl}$ das Silbergewicht: $\frac{\alpha . Ag}{Cl} . x$. Der Werth von α folgt daher aus der Gleichung:

$$\frac{\alpha . Ag}{Cl} + \frac{\alpha . Ag}{Cl} . x = 0{,}6622$$

beträgt $\alpha = \frac{0{,}6622 . Cl}{Ag(1+x)}$.

Die 56,9436 Gr. Lösung, welche die Anode umgeben hatte, enthielten 0,78083 Gr. Cl. Gebunden an K waren daher $0{,}78083 - \alpha$ Gr., welche das Gewicht $ClK = \frac{Cl+K}{Cl}(0{,}78083 - \alpha)$ bildeten. Die Menge des Wassers betrug daher in dieser Lösung:

$$\left(56{,}9436 - \frac{Cl+K}{Cl}(0{,}78083 - \alpha) - \alpha - \frac{\alpha x O}{Cl}\right) \text{Gr.},$$

und enthielt vor der Elektrolyse folgendes Gewicht Chlor:

$$\frac{0{,}45745}{37{,}9444} \cdot \left(56{,}9436 - \frac{Cl+K}{Cl}(0{,}78083 - \alpha) - \alpha - \frac{\alpha x O}{Cl}\right) \text{Gr.}$$

Wir bekommen demnach folgende Gleichung zwischen x und y:

$$\text{I.}\quad 0{,}78083 = \frac{0{,}45745}{37{,}9444}\left[56{,}9436 - \frac{Cl+K}{Cl}(0{,}78083 - \alpha) - \alpha - \frac{\alpha x . O}{Cl}\right] + y . \alpha$$

oder $150{,}3 = 293{,}85 . y - 153{,}4 . x$.

Die zweite Gleichung zwischen x und y liefert uns der Versuch *B*. Sey β die Menge des ausgeschiedenen Chlors, so ist wie oben:

$$\frac{\beta . Ag}{Cl} + \frac{\beta Ag}{Cl} . x = 0{,}6908$$

und

$$\beta = \frac{0{,}6908 . Cl}{Ag(1+x)}.$$

Die 56,613 Gr. Lösung um die Anode gaben 1,17 Gr. ClK und enthielten daher das Gewicht Wasser:

$$\left(56{,}613 - 1{,}17 - \beta - \frac{\beta x O}{Cl}\right) \text{Gr.},$$

welches vor der Elektrolyse folgende Menge Chlor führte:

$$\frac{0{,}48721}{40{,}437}\left[56{,}613 - 1{,}17 - \beta - \frac{\beta x O}{Cl}\right] \text{Gr.}$$

Demnach ist die zweite Gleichung:

$$\text{II.}\quad \frac{0{,}48721}{40{,}437}\left[56{,}613 - 1{,}17 - \beta - \frac{\beta x O}{Cl}\right] + y\beta = 0{,}55604 + \beta$$

oder $150{,}47\,x + 306{,}54\,y = 158{,}93$.

Aus den Gleichungen I und II folgt endlich:

$$x = 0{,}0068$$
$$y = 0{,}515.$$

Demnach war die Ueberführung des Chlors 0,515 und in der Lösung, welche auf 39,43 Th. Wasser 1 Th. ClK enthielt, wurden auf 1000 Aequ. ClK 6,8 Aequ. H zersetzt.

Lösung III.

Spec. Gewicht bei 5° C.: 1,0025.

105,6035 Gr. der Lösung hinterliefsen beim Eindampfen 0,4162 Gr. ClK. Demnach kamen auf 1 Th. ClK: 253,7 Th. Wasser.

A.

Der Strom von 10 kl. Elementen reducirte in 4^h 30′: 0,5465 Gr. Ag. Die Lösung um die Anode wog nach der Elektrolyse mit Ausschlufs des Cd: 212,8715 Gr. und gab 1,9824 Gr. ClAg. Unter der Annahme, dafs blofs ClK zerlegt wurde, berechnet sich daraus die Ueberführung des Chlors: 0,509.

B.

Der Strom von 10 kl. Elementen reducirte in 4^h 37′: 0,629 Gr. Ag. Die Lösung um die Anode wog nach der Elektrolyse, wenn vom Cd abstrahirt wird: 209,983 Gr. und gab beim Eindampfen 0,6191 Gr. ClK. Daraus ergiebt sich unter der bekannten Annahme als Ueberführung des Chlors: 0,520.

Berechnen wir die Versuche *A* und *B* wie bei der Lösung II, so finden wir die beiden Gleichungen:

$$\text{I.}\quad 242{,}5\,y - 124\,x = 123{,}4$$
$$\text{II.}\quad 279{,}1\,y - 134{,}3\,x = 145{,}2,$$

aus denen $y = 0{,}515$ und $x = 0{,}0115$ folgt.

Auf 1000 Aequ. ClK wurden demnach in der Lösung, die auf 1 Th. ClK 253,7 Th. Wasser führte, 11,5 Aequ. Wasser zerlegt. Auf die Zahlen, welche die Theilung des Stromes zwischen dem Salze ClK und dem Wasser lehren, lege ich nur in sofern Werth, als sie im Allgemeinen zeigen, wie gering selbst in den sehr verdünnten Lösungen die Menge des gleichzeitig zersetzten Wassers ist. Die unmittelbare Beobachtung der Elektrolyse weist schon hier-

auf hin. Die Lösung um die Anode mit dem Cadmiumsalze ist nämlich sehr wenig getrübt, hält nur eine kleine Menge des Cadmiumoxydhydrat suspendirt. In den concentrirten Lösungen ist eine Trübung nicht wahrzunehmen. War das Cadmium gut amalgamirt, so ist es auch nach der Elektrolyse noch blank und der Verlust stets dem Silbergewichte fast aequivalent. Die Zahlen dürfen nicht als der genaue Ausdruck jener Menge für unsere beiden Lösungen angesehen werden. Denn da sie aus den Differenzen, die sich in den dritten Decimalen der Zahlen für die Ueberführung finden, berechnet werden, so mufs ihnen die ganze Unsicherheit dieser Ziffern ankleben. Bei der gröfsten Sorgfalt in der Ausführung der Analyse ist es nicht möglich, jene dritte Decimale zu garantiren. Denn jede Zahl für die Ueberführung ist das Resultat aus zwei Analysen; der Fehler, der in der Analyse der Lösung nach der Elektrolyse gemacht wird, vertheilt sich nicht auf das ganze Gewicht des darin enthaltenen Salzes, sondern fällt auf den Bruchtheil, der die Ueberführung darstellt. Eine Differenz von 1 Milligrm. in der Gewichtsbestimmung des ClK bewirkt in den obigen Fällen einen Unterschied von 0,0015 für die Ueberführung. Sollen jene Zahlen festgestellt werden, so wird eine Reihe von Versuchen mit derselben Lösung nöthig, aus deren Ergebnissen das Mittel zu nehmen ist. Die Zahlen für die Ueberführungen bleiben für die Lösungen des ClK, deren Concentration fast wie 1 : 40 variirt, constant, wenigsten liegen die Unterschiede innerhalb der Fehler der Analyse. Ich betrachte deshalb meine Auffassung des Vorganges bei der Elektrolyse als bewiesen. Das Chlorkalium bildet, in dem Wasser gelöst, die Masse, welche den Strom hauptsächlich und selbstständig fortpflanzt. Die Wege, welche die Ionen hierbei beschreiben, bleiben in ihren relativen Werthen ungeändert, welches auch die Entfernung der Salzatome ist, wie viel Wasseratome dazwischen liegen. Dieses Verhalten ist nicht ohne jede Analogie in der Physik. Die Erscheinungen, welche sich bei der Mengung der Gase oder der Gase und Dämpfe

zeigen und zuerst von Dalton festgestellt wurden, schwebten mir bei meinen Studien vor und ermuthigten mich zur Fortsetzung dieser zeitraubenden Arbeit.

Lägen Wasser und Salz in den Zuständen, in welchen sie in der Lösung enthalten sind, getrennt und neben einander in den Strom eingeschaltet, so würde die Theilung desselben, wie das Gesetz von Ohm vorschreibt, in dem umgekehrten Verhältnisse der Widerstände zwischen den

Chlor-

Nr.	Spec. Gewicht	Bei Temperatur	Gehalt der Lösung vor der Elektrolyse. Die analysirte Lösung wog	gab	Gew. des H auf 1 Th. Cl K
I_a	1,1155	12,4 ° C.	14,0226	4,6115 Cl Ag	4,845
I	1,1034	4,5	10,1255	1,5319 Cl K	6,610
»	»	»	»	»	»
II_a	1,0342	7,2	26,3624	2,6107 Cl Ag	18,41
II	1,0162	8,8	38,907	1,8504 Cl Ag	39,42
»	»	»	41,4622	1,0252 Cl K	39,44
III	1,0025	5	105,6035	0,4162 Cl K	253,7
»	»	»	»	»	»
III_a	1,0014	9,3	119,4207	0,5100 Cl Ag	449,1

§. 15. Brom-

Nr.	Spec. Gewicht	Bei Temperatur	Gehalt der Lösung vor der Elektrolyse. Die analysirte Lösung wog	gab	Gew. des H auf 1 Th. Br K
I	1,2609	12,1 °C.	17,106	8,0356 Br Ag	2,359
I_a	1,2610	12,2	13,3418	3,9682 Br K	2,362
II	1,0063	7	107,496	1,4441 Br Ag	116,5
»	»	»	119,5471	1,0175 Br K	116,5

Das Salz war aus reinem Bromwasserstoff und kohlensaurem Kali dargestellt und vollkommen neutral. Die Lö-

I_a ist nicht genau dieselbe wie I, indem die Elektro-

beiden Medien erfolgen. Ich halte es für wahrscheinlich, dafs dieser Fall auch in der Lösung eintritt. Der Widerstand des Salzes braucht nicht proportional der Verdünnung zu seyn, sondern scheint langsamer zu wachsen: viele andere Momente werden auf denselben von Einfluſs seyn.

Zur Uebersicht stelle ich die Resultate, welche die drei Lösungen gaben, nebst einigen anderen, die ich erhalten, tabellarisch zusammen.

kalium.

Reducirtes Ag	Gehalt der Lösung um die Anode. Die Lösung mit Ausschluſs des Cd wog	gab	Ueberführung des Cl	
1,0912	10,070	4,0619 Cl Ag	0,516	
0,7315	10,469	3,5474 Cl Ag	0,516	0,516
0,7672	10,617	1,3507 Cl K	0,516	
0,792	32,3706	3,7469 Cl Ag	0,514	
0,6622	56,9436	3,1585 Cl Ag	0,512	0,515
0,6908	56,613	1,17 Cl K	0,518	
0,5465	212,8715	1,9824 Cl Ag	0,509	0,515
0,629	209,983	0,6191 Cl K	0,520	
0,4402	216,7475	1,2196 Cl Ag	0,503	

kalium.

Reducirtes Ag	Gehalt der Lösung um die Anode nach der Elektrolyse. Die analys. Lös. mit Ausschluſs des Cd wog	gab	Ueberführung des Br
0,6244	12,1605	6,2088 Br Ag	0,511
0,7245	12,3037	3,2459 Br K	0,546
0,6749	207,9513	3,3715 Br Ag	0,493
0,7761	208,0815	1,3707 Br K	0,534

lyse, welche zur Bestimmung des Kaliums dienen sollte, zuerst mifslang und die Bereitung einer neuen Lösung nöthig machte. Die gefundenen Zahlen lassen keine Be-

rechnung zu. Ich bin zur Annahme geneigt, dafs das BrK eine chemische Zersetzung vielleicht durch den vom Wasser absorbirten Sauerstoff der Luft in geringem Grade erfährt und nicht unverändert in der Lösung sich befindet. Diesem Umstande schreibe ich die Irregularität in den Zahlen zu

§. 16. Jod-

Nr.	Spec. Gewicht	Bei Temperatur	Gehalt der Lösung vor der Elektrolyse. Die analysirte Lösung: wog	gab	Gew. des H auf 1 Th. JK
I	1,2414	11 °C.	31,6424	12,022 JAg	2,7227
II	1,1719	1,4	15,6682	4,4194 »	4,014
III	1,1081	12	28,2435	5,3482 »	8,464
IV	1,0043	3	118,7977	0,9808 »	170,3

Das Jodkalium war aus reinem JH und $\dot{C}K$ bereitet und neutral. Als Jod benutzte ich zur Darstellung des JH das schön krystallisirte Material, welches unter dem Namen »französisches Jod« in den Handel kommt.

Die Zahlen sind identisch mit denen des BrK; die

§. 17. Schwefel-

Nr.	Spec. Gewicht	Bei Temperatur	Gehalt der Lösung vor der Elektrolyse. Die analysirte Lösung: wog	gab	Gew. des H auf 1 Th. $\dot{S}\dot{K}$
I	1,0639	12 °C.	43,3986	4,4491 $\dot{S}\dot{B}a$	12,032
I.	1,0659	4	26,3268	2,045 $\dot{S}\dot{K}$	11,873
II	1,002	6,6	101,586	0,2455 $\dot{S}\dot{K}$	412,8
»	»	»	»	»	»

Ich zweifle nicht, dafs die Zahlen bei dem $\dot{S}\dot{K}$ ebenso constant wie beim ClK sind. Die Bestimmung der Schwe-

und halte es wahrscheinlich, dafs dieselben denen des ClK, nahe kommen, mit welchen sie identisch seyn würden, wenn das Lösungsmittel indifferent wäre. Bei dem Chlorammonium werden wir nämlich genau gleiche Zahlen wie beim Chlorkalium antreffen.

k a l i u m.

Reducirtes Ag	Gehalt der Lösung um die Anode nach der Elektrolyse. Die Lösung mit Ausschlufs des Cd wog	gab	Ueberführung des Jods
1,3735	40,5904	16,7289 J Ag	0,512
0,5486	11,1771	3,6966 »	0,511
0,8404	36,1936	7,7211 »	0,511
0,4079	208,985	2,1609 »	0,492

dortigen Bemerkungen gelten daher auch für sie. Es schien mir überflüssig eine Bestimmung des K zu machen und ich habe es um so mehr unterlassen, als ich fand, dafs das Cadmium aus den Jodverbindungen sehr schlecht und unvollständig durch Schwefelwasserstoff gefällt wird.

s a u r e s K a l i.

Reducirtes Ag	Gehalt der Lösung um die Anode nach der Elektrolyse. Die Lösung mit Ausschlufs des Cd wog	gab	Ueberführung des SO_4	
1,1592	33,7835	4,0819 $\dddot{S}\dot{B}a$	0,499	0,500
0,7744	29,1237	1,9475 $\ddot{S}\dot{K}$	0,502	
0,258	205,1665	0,7984 $\ddot{S}\dot{B}a$	0,490	0,498
0,3953	209,6	0,3489 $\ddot{S}\dot{K}$	0,506	

felsäure als $\dddot{S}\dot{B}a$ ist eine für unsere Versuche nicht hinreichend genaue Methode, indem bekanntlich dieser Nieder-

schlag stets kleine Mengen der sonst in der Lösung befindlichen Salze mit sich reifst und letztere nicht vollständig auszuwaschen sind. Dieser Uebelstand hat mich abgehal-

§. 18. Salpeter-

Nr.	Spec. Gewicht	Bei Temperatur	Gehalt der Lösung vor der Elektrolyse. Die analysirte Lösung wog	gab	Gew. des Ḣ auf 1 Th. N̈K
I	1,099	8,8 °C.	21,1294	3,1065 N̈K	5,802
II			41,7638	6,228 N̈K	5,706

Als Anode diente bei diesem Salze eine Silberplatte, und die Membranen des Ringes (ϑ), sowie des Glases *B* waren durch dünne Thonplatten ersetzt. Die Trübung an der Anode war sehr schwach, betrug kein Milligrm. Sie wurde nicht berücksichtigt, sondern die ganze Lösung um

§. 19. Essig-

Nr.	Spec. Gewicht	Bei Temperatur	Gehalt der Lösung vor der Elektrolyse. Die analysirte Lösung wog	gab	Gew. des Ḣ auf 1 Th. K̈Ac
I	1,2291	14° C.	16,7247	7,1484 N̈K	1,411
II	1,0102	14	40,8943	0,8612 N̈K	47,93

Da die freie Essigsäure den Strom sehr schlecht leitet, so wurde der Lösung derselben um die Kathode etwas essigsaures Kali zugesetzt.

Die quantitative Analyse vermag bei dem vorliegenden Salze nur das Kalium zu bestimmen. Der Rückstand wurde in gewöhnlicher Weise in einer Platinschale verkohlt, ausgelaugt und das erhaltene C̈K in N̈K übergeführt und

ten, eine gröfsere Zahl von Versuchen mit dem Salze anzustellen.

saures Kali.

Reducirtes Ag	Gehalt der Lösung um die Anode nach der Elektrolyse.		Ueberführung des NO_6
	Die Lösung mit Einschluſs des Ag wog	gab	
0,3988	32,415	5,1247 $\begin{matrix}\dot{N}Ag\\ \dot{N}K\end{matrix}$	0,451
0,4833	32,7158	5,314 $\begin{matrix}\dot{N}Ag\\ \dot{N}K\end{matrix}$	0,450

den positiven Pol eingedampft. Das Gewicht des Rückstandes, der dabei erhalten wurde, ist in der Tabelle aufgenommen. Ich gedenke noch einige Elektrolysen mit verdünnten Lösungen in der Folge anzustellen.

saures Kali.

Reducirtes Ag	Gehalt der Lösung um die Anode nach der Elektrolyse.		Ueberführung des $(C_4H_3O_4)$
	Die Lösung mit Ausschluſs des Cd wog	gab	
0,6947	11,3895	4,4532 $\dot{N}K$	0,336
0,4041	29,0281	0,3602 $\dot{N}K$	0,335

gewogen. Die Methode ist keiner grofsen Genauigkeit fähig, und daher betrachte ich die nahe Uebereinstimmung der gefundenen Zahlen mehr als zufällig.

§. 20. Die Ergebnisse, welche die untersuchten Verbindungen des Kaliums lieferten, stelle ich der leichten Uebersicht wegen in der Tabelle S. 32 (betitelt: Ueberführungen der Kalisalze) zusammen.

Ueberführungen der Kalisalze.

Salze.	Gefundene Ueberführung des Kaliums	Gefundene Ueberführung des Anions	Relative Wege des Kaliums	Relative Wege des Anions
K. Cl (Br. J.?)	0,485	0,515	100	106,2
K. SO_4	0,500	0,500	100	100
K. NO_6	0,550	0,450	100	81,8
K. ($C_4H_3O_4$)	0,664	0,336	100	50,6

Chlor-

Nr.	Spec. Gewicht	Bei Temperatur	Gehalt der Lösung vor der Elektrolyse. Die analysirte Lösung wog	gab	Gew. des H auf 1 Th. Cl N H_4
I	1,0483	11,8° C.	42,7627	18,2917 Cl Ag	5,275
II	1,0241	9,8	41,7817	8,508 Cl Ag	12,181
III	1,0113	9,8	41,2567	3,8127 »	28,04
IV	0,0019	7	117,7578	1,7929 »	175,28

Die Analyse ermittelte nur den Chlorgehalt der Lösungen. Bei der Uebereinstimmung, welche zwischen den obigen Zahlen und denen des Chlorkaliums besteht, glaubte ich die Bestimmung des Ammoniums um so eher mir sparen zu dürfen, als dieselbe nicht so scharf ist, wie zu unseren

(Schluſs

§. 21. Die Salze des Ammoniums, welche nach ihrer Krystallform und ihrem chemischen Charakter so sehr den Kaliumverbindungen gleichen, zeigen genau dasselbe Verhalten gegen den elektrischen Strom. Diefs geht aus der Elektrolyse des Chlorammoniums hervor, des Salzes, auf welches ich die Untersuchung beschränkte.

a m m o n i u m.

Reducirtes Ag	Gehalt der Lösung um die Anode nach der Elektrolyse.		Ueberführung des Chlors
	Die Lösung mit Ausschlufs des Cd wog	gab	
1,0771	34,5216	15,4645 Cl Ag	0,517
1,5202	33,2614	7,783 Cl Ag	0,514
0,9382	32,6549	3,6511 »	0,514
0,6800	209,5035	3,6478 »	0,508

Versuchen zu wünschen. Denn nach den Ergebnissen, die Fresenius in seinem Lehrbuche der quantitativen Analyse mittheilt, erleidet das Chlorammonium, wenn es der Siedhitze des Wassers unterworfen wird, einen kleinen aber merklichen Verlust.

folgt.)

II. *Fernerer Beitrag zur krystallographischen Kenntnifs des Datolith; von F. H. Schroeder,*

Oberlehrer am Gymnasium Andreanum zu Hildesheim.

Im 94. Bande dieser Annalen habe ich bereits eine vorläufige Untersuchung über das Krystallisationssystem des Datolith mitgetheilt, als Auszug resp. zweite Bearbeitung einer schon früher in der Berg- und Hüttenm.-Zeitung 1853 No. 19 und 20 veröffentlichten Arbeit, mit dem Resultate, dafs der Datolith entschieden monoklinoëdrisch sey, wenn auch mit einem Neigungswinkel der Axen a und c beinahe $=90°$, nämlich 90° 6′, so wie mit beinahe gleichen Axen a und c, wenn man die Flächen P nicht wie gewöhnlich als Flächen des Octaïds $=a:b:c$, sondern als Flächen eines Ikositetraïds $=2a:2b:c$ annimmt. Ich habe schon dort angedeutet, dafs die scheinbar einfachen Krystalle dieses Minerals immer aus mehreren Krystallen mit beinahe parallelen Axen bestehen. Zur weiteren Prüfung dieser Annahme, so wie zur möglichst genauen Bestimmung der krystallographischen Elemente, besonders nachdem auch Miller in neuerer Zeit den Datolith für rhombisch erklärt hat, habe ich jetzt den a. a. O. Taf. V, Fig. 10 und 10$_a$ dargestellten Krystall einer genaueren und vollständigeren Untersuchung unterworfen, deren Resultate ich im Folgenden mittheile, wobei ich wegen der allgemeinen Verhältnisse des Systems auf die beiden citirten Abhandlungen verweise.

§. 1.

Der Krystall Fig. 4 Taf. I mit der Horizontalprojection Fig. 5 Taf. I und mit der Projection [1]) nach der Neumann'schen Methode Fig. 6 Taf. I ist in der Ausbildung

1) Die Projection nach der Quenstedt'schen Methode theile ich hier nicht mit, da ich der Kürze und Uebersichtlichkeit wegen nicht die Formeln zu den Berechnungen der Winkel, sondern nur die Resultate mittheilen werde.

der Flächen auf der rechten und linken Seite fast vollkommen symmetrisch. Die geringen Abweichungen von der Symmetrie sind deshalb in der Zeichnung nicht dargestellt. Es kommen an diesem Krystalle fast sämmtliche bekannte Flächen des Datolith vor, nämlich

$s = a : \infty b : \infty c$
$b = \infty a : \infty b : c$
$f = a : b : \infty c$
$o = \infty a : b : c$
$a = + a : \infty b : c$
$x = - a : \infty b : c$
$q = + a : b : c$
$g = \frac{1}{2} a : b : \infty c$
$d = \infty a : b : \frac{1}{2} c$
$\gamma = + \frac{1}{2} a : \infty b : c$
$P = + a : b : \frac{1}{2} c$
$\alpha = - \frac{1}{2} a : b : c$ [1])
$\beta = + a : \frac{1}{2} b : \frac{1}{2} c$
$\mu = + \frac{1}{3} a : \frac{1}{2} b : \frac{1}{2} c$
$\delta = + a : \frac{1}{2} b : \frac{1}{4} c$
$l = - \frac{1}{3} a : b : \frac{1}{2} c.$

Von diesen Flächen sind nur x und die beiden o durchaus ungeeignet zur Messung mit dem Reflexionsgoniometer; alle übrigen Flächen spiegeln so gut, dafs selbst die Bilder auf den kleinsten Flächen bei günstiger Beleuchtung und bei günstiger Disposition des Auges ziemlich deutlich sind. Es bedarf nämlich wohl kaum einer Erörterung, dafs ebenso wie verschiedene Personen für schwache Lichteindrücke verschieden empfindlich sind, auch das Auge einer und derselben Person unter denselben äufseren Umständen auf derselben Krystallfläche bald ein vollkommen scharfes, wenn auch sehr schwaches Bild, bald nur einen unbestimmten Schein wahrnimmt. Die Messungen wurden mit Hülfe eines Reflexionsgoniometers aus der Werkstatt des Hrn. Inspectors Meyerstein zu Göttingen angestellt, an welchem die Thei-

2) Nicht $- a : b : \frac{1}{2} c$ wie durch einen Druckfehler in der früheren Abhandlung im 94. Bande dieser Annalen steht.

lung mit Hülfe des Nonius bis auf 20 Secunden geht. Die Beobachtungen wurden mit bloſsem Auge angestellt, wodurch es möglich war, bei passender Wahl des von dem Krystall zu reflectirenden Objectes die mehrfachen von derselben Fläche reflectirten Bilder zu unterscheiden, wenn dieselben auch nur 1 bis 2 Minuten von einander entfernt waren, oder wenn dieselben auch in derselben Verticalen auf der Zone lagen, so daſs sie dieselbe Ablesung am Goniometer ergaben. Zugleich kann auf diese Weise die gegenseitige Lage dieser Bilder so genau festgestellt werden, daſs es möglich ist, in den verschiedenen Zonen die Bilder zu bestimmen, welche einander entsprechen. Es gilt übrigens ganz besonders in Betreff dieser Bilder, die zuweilen sehr schwach sind, die oben aufgestellten Bemerkung wegen der Wahrnehmbarkeit schwacher Lichteindrücke. Da aufserdem noch bei schmalen Flächen das Bild am deutlichsten ist, wenn ihre gröſste Ausdehnung in der Reflexionsebene liegt, so war es nicht immer möglich, die sämmtlichen Bilder auf einer Fläche in allen Zonen wieder zu erkennen.

Als höchste Differenz der beobachteten Winkel unter sich zeigte sich bei den am besten spiegelnden Flächen 2 bis 3 Minuten, also als höchster wahrscheinlicher Fehler einer einzelnen Beobachtung 1 bis $1\frac{1}{2}$ Minute, und ebenso bei den kleineren und soweit weniger gut spiegelnden Flächen, namentlich α und l die höchste Differenz der Beobachtungen bis 5 Minuten, also der höchste Fehler bis $2\frac{1}{2}$ Minute. Nur bei den Flächen δ ist ein gröſserer Beobachtungsfehler anzunehmen.

Für die Darstellung der Winkelverhältnisse erscheint es am zweckmäſsigsten, die Zahlen anzugeben, welche an dem Reflexionsgoniometer bei Einstellung der verschiedenen Flächen abgelesen werden, wenn eine passende Fläche in der Zone auf Null eingestellt ist. Durch die vorgesetzten Buchstaben a bis f bezeichne ich da, wo sich mehrere Bilder finden, die verschiedenen Bilder, so weit dieselben für die fernere Untersuchung von Interesse sind. Dieselben

Buchstaben werden bei Citirung der Flächen als Indices gebraucht.

§. 2.

In der Zone $s\ g\ f$ zeigen sich folgende Winkel:

s_1		0°	0′	0″				
g_1	a				schwaches Bild		32°	15′
	b	32	23	20				
f_1	a	51	37	0				
	b				»	»	51	45
f_2	a	128	14	0				
	b				»	»	128	22
g_2		147	34	20				
s_2		179	54	30				
g_3		212	15	30				
f_3		231	34	10				
	a				»	»	231	38
	f	231	45	30				
f_4	f	308	20	40				
g_4		327	30	10				
	c	327	40	10				
s_1		360	0	0				

Die Winkel, welche um 180° differiren müfsten, zeigen hierbei Abweichungen davon um einige Minuten. Man könnte diese Abweichungen als Folge vielleicht von bedeutender Temperaturveränderung seit Entstehung des Krystalls oder dergleichen ansehen; aber abgesehen von der Haltbarkeit oder Unhaltbarkeit derartiger Begründungen liegt hier eine andere Hypothese näher, welche namentlich durch die mehrfachen Bilder bestätigt wird, nämlich dafs in dem scheinbar einfachen Krystalle mehrere Individuen sich durchdringen, welche in dieser Zone um einige Minuten gegen einander gedreht sind. Die drei Bilder auf f_3 zeigen, dafs hierbei wenigstens drei Krystalle zu unterscheiden sind. Um die zu diesen Krystallen gehörigen Flächen sondern zu können, müssen wir ein vorläufiges Resultat aus den obigen Zahlen ableiten. Nun ist ein Mittel aus den obigen Ablesungen

f_1 51° 41′ 0″
f_2 128 18 0
f_3 231 39 10
f_4 308 20 40

also $f_1 : f_2 = 76° 37′ 0″$
$f_3 : f_4 = 76 41 30$
Mittel $76° 39′ 15″$

folglich $\frac{1}{2}(f:f) = 38° 19′ 47″$
oder abgerundet $= 38 20$
oder $s:f = 51 40$

Hiernach berechnet ist

$s:g = 32° 18′ 30″$
also $g:f = 19 21 30$

Diesen Winkelbeziehungen entsprechen ungefähr folgende beiden Systeme von Ablesungen

g_{1a}	32°	15′		und	g_{1b}	32°	23′	20″
f_{1a}	51	37	0″		f_{1b}	51	45	
f_{2a}	128	14	0		f_{2b}	128	22	
g_2	147	34	20		f_{3f}	231	45	30
s_2	179	54	30		f_{4f}	308	20	40
g_3	212	15	30					
f_{3a}	231	38						

als zwei getrennte Systeme von Flächen. Es ist hierbei namentlich darauf zu achten, dafs auch durch ziemlich bedeutende Veränderungen in dem Winkel $f:f$ nur sehr geringe Aenderungen in dem Winkel $g:f$ hervorgerufen werden. Es können deshalb z. B. die beiden Flächen g_3 mit der Ablesung 212° 15′ 30″ und f_3 mit der Ablesung 231° 34′ 10″, also mit dem Winkel $g_3 : f_3 = 19° 18′ 40″$ nicht zu demselben Systeme gehören, indem dieser Winkel von den oben berechneten um fast 3 Minuten abweicht, während andrerseits die gröfsere Abweichung des Winkels $f_{3f} : f_{4f} = 76° 35′ 10″$ von dem oben vorläufig berechneten nicht erheblich ist.

Anstatt die obigen Winkel schon jetzt einer gründlichen
hnung zu unterwerfen, die doch immerhin in so weit

mifslich seyn würde, als die Anordnung der Flächen nach dieser einen Zone noch unsicher ist, nehmen wir den beobachteten Winkel $f_{1a} : f_{2a} = 76^\circ\ 37'\ 0''$, der dem obigen mittleren Werthe am nächsten kommt, als neuen Näherungswerth. Es folgt hieraus

$$s : g = 32^\circ\ 19'\ 50''$$
$$s : f = 51\ \ 41\ \ 30$$

und es würden hiernach zu einem Krystall a die folgenden schon oben zusammengestellten Flächen gehören, wo wir als Basis für die Angabe der berechneten Winkel $f_1 = 51^\circ\ 37'\ 0''$ wählen:

	berechnet			beobachtet		
g_{1a}	32°	$15'$	$20''$	32°	$15'$	
f_{1a}	51	37	0	51	37	$0''$
f_{2a}	128	14	0	128	14	0
g_2	147	35	40	147	34	20
s_2	179	55	30	179	54	30
g_3	212	15	20	212	15	30
f_{3a}	231	37	0	231	38	

Zu einem Krystall b würden die Flächen gehören:

	berechnet			beobachtet		
g_{1b}	32°	$23'$	$20''$	32°	$23'$	$20''$
f_{1b}	51	45	0	51	45	
f_{2b}	128	22	0	128	22	
f_{3f}	231	45	0	231	45	30
f_{4f}	308	22	0	308	20	40

und zu einem Krystall c die Flächen:

	berechnet			beobachtet		
g_{4c}	327°	$40'$	$10''$	327°	$40'$	$10''$
s_1	360	0	0	360	0	0

während als vereinzelt dastehen

f_3	231°	$34'$	$10''$
g_4	327	30	10

Die Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung geht so weit, dafs wir vorläufig bei dem Resultate

$$f : f = 76^\circ\ 37'\ 0''$$

also $$\frac{a \sin \varepsilon}{b} = \operatorname{cotg} 38^\circ\ 18'\ 30''$$

stehen bleiben können. Der höchste mögliche Fehler dieses letzteren Winkels kann nach der obigen Vergleichung nicht gröfser als 1 Minute seyn.

§. 3.

In Bezug auf die übrigen Zonen kann nicht dieselbe Methode wie in Bezug auf die Zone *sgf* angewandt werden. Da nämlich der Krystall nur an einer Seite ausgebildet ist, und somit in diesen Zonen mit Ausnahme der Säulenflächen alle Flächen nur einfach auftreten, auch der Natur des monoklinoëdrischen Systemes gemäfs die Flächen auf der vorderen und auf der hinteren Seite des Krystalls verschiedenartig sind, so sind zur Combinirung der verschiedenen Flächen zu wenig Anhaltspunkte gegeben.

Es mufs demnach zur Ermittelung der wahrscheinlichen Elemente des Krystalls und somit zur Ermittelung des Zusammenhanges der verschiedenen Flächen ein anderer Weg eingeschlagen werden. Als am sichersten zum Ziele führend empfiehlt sich hier bei der Menge von Beobachtungen die Methode der kleinsten Quadrate, und als eine bequeme und doch hinreichend genaue Art der Berechnung wählen wir hierbei folgende:

In den verschiedenen Zonen sind die Mittel aus den verschiedenen Ablesungen zu bestimmen, aus den hieraus folgenden Werthen der Winkel gegen die Hexaïd-, resp. gegen die Säulenflächen, sind mit Hülfe der Methode der kleinsten Quadrate die wahrscheinlichsten Elemente des Krystalls abzuleiten, mit Hülfe der aus diesen Elementen zu berechnenden Winkel sind dann die verschiedenen Bilder auf den Flächen nach ihrem Zusammenhange zu gruppiren, und wenn sich hierbei eine genügende Deutung des Zusammenhanges ergiebt und eine genügende Anzahl von beobachteten Winkeln als wahrscheinlich den Winkeln eines einfachen Krystalls entsprechend bestimmt ist, dann sind auf Grund dieser Winkel die endgültigen Elemente des Krystalls zu bestimmen.

Die in den verschiedenen Zonen beobachteten Winkel und die daraus folgenden mittleren Werthe sind wie folgt:

Zone $s\ \gamma\ a\ b$.

		beobachtet			Mittel			
s_1		0°	0′	0″	359°	57′	40″	wegen s_2
γ		26	28	0	26	35	50	
		26	43	40				
a	c	44	54	50	45	5	5	
		45	15	20				
b	d	89	40	0	89	48	53	
	e	89	48	50				
	f	89	57	50				
s_2		179	55	20	179	57	40	wegen s_1

also $s:\gamma = 26°\ 38'\ 10''$
$s:a$ 45 7 25
$s:b$ 89 51 13

Zone $d\ b\ d$.

		beobachtet		
d_1		57°	26′	30″
b	e	89	49	0
	f	89	55	50
	d	90	0	0
d_2		122	20	20

also $d:d = 64°\ 53'\ 50''$
oder $b:d$ 32 26 55

Zonen $s\ P\ d$.

		beobachtet			Mittel			
s_1		0°	0′	0″	359°	56′	45″	wegen s_2
P_1		66	57	40				
δ_1		77	56	20				
d_1		89	48	0				
e_1		130	14	0				
l_1		141	45	0				
s_1		179	53	30	179	56	45	wegen s_1
		und						
s_1		0	0	0	359	58	10	wegen s_1
P_2		66	53	20				
δ_2		78	0	40 [1]				
d_2		89	50	40				
e_2		130	14	50				
l_2		142	21	20	142	39	0	
		142	56	40				
s_2		179	56	20	179	58	10	

Mittel aus beiden Zonen			
s_1	359°	57′	27″
P	66	55	30
δ	77	58	30
d	89	49	20
e	130	14	25
l	142	12	0
s_2	179	57	27
folglich			
$s:P =$	66	58	3
$s:\delta$	78	1	3
$s:d$	89	51	53
$s:e$	−49	43	2
$s:l$	−37	45	27

Zonen $s\ \mu\ q\ \beta$.

		beobachtet			Mittel			
s_1		0°	0′	0″	359°	54′	50″	wegen s_2
μ_1		47	8	10				
q_1		58	7	30				
β_1		72	31	20	72	36	0	
	a	72	40	40				
α_1		141	2	40				
s_2		179	49	40	179	54	50	wegen s_1
		und						
s_1		0	0	0	359	58	5	wegen s_2
μ_2	c	47	5	30	47	9	45	
		47	14	0				
q_2	d	58	6	20	58	10	40	
	f	58	10	40				
	x	58	15	0				

Mittel aus beiden Zonen			
s_1	359°	56′	27″
μ	47	8	58
q	58	9	5
β	72	36	35
α	141	4	50
s_2	179	56	27
folglich			
$s:\mu =$	47	12	31
$s:q$	58	12	38
$s:\beta$	72	40	8
$s:\alpha$	−38	51	37

1) Sehr mattes Bild, also unsichere Messung.

		beobachtet	Mittel	
β_2	x	72° 29′ 0″	72° 37′ 10″	
	d	72 39 0		
	f	72 43 30		
α_2		141 7 0		
s_2		179 56 10	179 58 5	wegen s_1

Zonen $f\ P\ b$.

		beobachtet	Mittel	
f_1		0° 0′ 0″	359° 57′ 40″	wegen f_3
q_1		31 44 30		
P_1		50 50 10		
b	e	89 41 50	89 45 43	
	d	89 43 30		
	f	89 51 50		
f_3		179 55 20	179 57 40	wegen f_1
		und		
f_4		0 0 0	0 3 0	also 359° 59′ 25″
	f	0 6 0		wegen f_2
q_2	d	31 39 10	31 53 47	
	f	31 51 10		
	x	32 11 0		
P_2		50 56 0		
b	d	89 48 40	89 56 33	
	e	90 0 30		
	f	90 0 30		
f_2	d	179 52 50	179 55 50	also 179° 59′ 25″
		179 58 50		wegen f_4

Mittel aus beiden Zonen	
f	359° 58′ 32″
q	31 49 8
P	50 53 5
b	89 51 8
f	179 58 32
folglich	
$b:f$ =	89 52 36
$b:q$	58 2 0
$b:P$	38 58 3

Zonen $g\ b\ e$.

		beobachtet	Mittel	
g_1		0° 0′ 0″	359° 57′ 55″	wegen g_3
b	d	89 44 0	89 50 27	
	e	89 47 20		
	f	90 0 0		
e_2		139 51 40		
α_2		157 12 20		
g_3		179 54 20	179 55 50	also 179° 57′ 55″
		179 57 20		wegen g_1
		und		
g_4		0 0 0	359 58 30	wegen g_2
b	d	89 43 10	89 53 13	
	e	89 56 40		
	f	89 59 20		
e_1		139 52 10		
α_1		157 11 0		
g_2		179 57 0	179 58 30	wegen g_4

Mittel aus beiden Zonen	
g	359° 58′ 12″
b	89 51 45
e	139 51 55
α	157 11 40
g	179 58 12
folglich	
$b:g$ =	89 53 33
$b:e$	−50 0 10
$b:\alpha$	−67 19 55

Zone $\beta\ P\ P\ \beta$.

		beobachtet	Mittel	
β_1		41° 31′ 0	41° 36′ 7″	
	d	41 31 0		
		41 36 0		
		41 46 30		

also $\frac{1}{2}(\beta:\beta) = 48° 24′ 23″$
$\frac{1}{2}(P:P) = 29\ 33\ 0$
oder für die Fläche u =
$\infty a : b : \infty c$, welche frei-

	beobachtet	Mittel	
P_1	60° 27′ 0″		lich an diesem Krystall
P_2	119 33 0		nicht deutlich ausgebildet
	x 138 14 30		ist
β_2	y 138 22 30	138° 24′ 53″	$u:\beta = 41°\ 35'\ 37''$
	d 138 37 40		$u:P$ 60 27 0

Zone $e\,e$.

	beobachtet	Mittel	
e_1	65° 50′ 10″	65° 51′ 30″	also $\frac{1}{2}(e:e) = 24°\ 8'\ 25''$
	65 52 50		oder $u:e$ 65 51 35
e_2	114 8 20		

Somit sind sämmtliche Winkel gegen die drei Hexaïdflächen $s = a:\infty b:\infty c$, $u = \infty a:b:\infty c$ und $b = \infty a:\infty b:c$ bestimmt, soweit sie zu messen sind. Die Winkel $\mu:\mu$ u. dgl. eignen sich nämlich nicht gut zur Messung, da sämmtliche Flächen μ, q, α, l sehr klein sind, und somit die entsprechenden Winkel nicht so gut gemessen werden können, wie da, wo wenigstens eine Fläche ein recht helles Bild liefert.

§. 4.

Da das Verhältnifs $\frac{a \cdot \sin \varepsilon}{b}$ aus der Zone ff (§. 2) mit hinreichender Sicherheit bestimmt ist $= 1{,}2658411$, so wählen wir zur Bestimmung eines Näherungswerthes für das Verhältnifs sämmtlicher Axen und für den Neigungswinkel ε am besten die Zone $s\gamma ab$. Als Mittel der Beobachtungen haben wir in §. 3 gefunden

$$s:a = 45°\ 5'\ 10'' \qquad s:b = 89°\ 51'\ 10''.$$

Als ersten Näherungswerth wählen wir nun $s:b = 90°$ und nehmen somit das System vorläufig als rhombisch an. Zugleich nehmen wir der gröfseren Bequemlichkeit wegen $s:a = 45°$, also die Axen $a = c$, und nehmen also eigentlich ein quadratisches System mit parallelflächiger Tetartoëdrie. Diese Näherungswerthe als willkührlich herausgegriffen, haben freilich nur als Basis für die Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate hier Bedeutung, und somit wäre eine specielle Mittheilung der darnach berechneten Winkel ohne Interesse; da aber in neuerer Zeit von Miller gerade diese Näherungswerthe (mit einer kleinen

Abweichung in dem Verhältnifs der Axen a und b) als endgültige Elemente aufgestellt sind, so glaube ich nicht allein auf meine früheren Bemerkungen über diese Annahme (diese Annalen Bd. 94, S. 243) zurückweisen, sondern auch die hiernach zu berechnenden Näherungswerthe der Winkel zur Vergleichung mit den oben aufgeführten Beobachtungen mittheilen zu müssen. Auf die Winkel in der Zone ff hat natürlicherweise die Annahme über das Verhältnifs $\frac{a}{c}$ und über den Neigungswinkel ε keinen Einfluſs, und wir berücksichtigen deshalb diese hier nicht. Die übrigen Winkel sind wie folgt:

Zone $s\,\gamma\,a\,b$.

$s:\gamma = 26^\circ\ 33'\ 54''$

$\gamma:a = 18^\circ\ 26'\ 6''$

$s:a = 45\ \ 0\ \ 0$

$a:b = 45\ \ 0\ \ 0$

$s:b = 90\ \ 0\ \ 0$

Zone $d\,b\,d$.

$b:d = 32^\circ\ 19'\ 50''$

Zonen $s\,P\,d$.

$s:P = 67^\circ\ 5'\ 47''$

$P:\delta = 10^\circ\ 58'\ 32''$

$s:\delta = 78\ \ 4\ 19$

$\delta:d = 11\ \ 55\ \ 41$

$s:d = 90\ \ 0\ \ 0$

$d:e = 40\ \ 11\ \ 49$

$s:e = 130\ \ 11\ \ 49$

$e:l = 11\ \ 31\ \ 50$

$s:l = 141\ \ 43\ \ 39$

$l:s = 38\ \ 16\ \ 21$

Zonen $s\,\mu\,q\,\beta$,

$s:\mu = 47^\circ\ \ 4'\ 56''$

$\mu:q = 11^\circ\ \ 7'\ 24''$

$s:q = 58\ \ 12\ \ 20$

$q:\beta = 14\ \ 34\ \ 26$

$s:\beta = 72\ \ 46\ \ 46$

$\beta:\alpha = 68\ \ 19\ \ 52$

$s:\alpha = 141\ \ 6\ \ 38$

$\alpha:s = 38\ \ 53\ \ 22$

Zonen $f\,P\,b$.

$b : P =$	38°	53′	22″				
				$P : q =$	19°	18′	58″
$b : q =$	58	12	20				
				$q : f =$	31	47	40
$b : f =$	90	0	0				

Zonen $g\,b\,e$.

$b : e =$	49°	48′	11″				
				$e : \alpha =$	17°	17′	36″
$b : \alpha =$	67	5	47				
				$\alpha : g =$	22	54	13
$b : g =$	90	0	0				

Zone $\beta\,P\,P\,\beta$.

$u : \beta =$	41°	27′	7′				
				$\beta : P =$	19°	2′	2″
$u : P =$	60	29	9				
				$P : P =$	59	1	42

Zone $e\,e$

$u : e =$	65°	53′	22″	$e : e =$	48°	13′	16″.

Bei einer Vergleichung dieser Winkel mit den beobachteten erkennt man leicht, dafs sie allerdings ganz brauchbare Näherungswerthe sind, dafs man sich aber mit diesen Werthen nicht begnügen darf, wenn man einigermafsen der Genauigkeit von Beobachtungen mit dem Reflexionsgoniometer Rechnung tragen will, und dafs es namentlich durchaus unzulässig ist, bei entschieden monoklinoëdrischem Habitus eines Minerals die hier vorliegenden Unterschiede der Winkel zu übersehen, und aus einem monoklinoëdrischen Minerale ein tetartoëdrisch quadratisches zu machen. Hält man die Flächen P als zur Grundform gehörig fest, so erscheint das System mit dem Axenverhältnifs $a : c = 2 : 1$ freilich nur rhombisch, aber die Gruppirung der Flächen spricht eben so sehr für die Annahme, dafs die Flächen q zum Octaïde gehören, so wie aufserdem das Axenverhältnifs $1 : 1$ jedenfalls den Vorzug verdient.

§. 5.

Berechnet man nun nach der Methode der kleinsten Quadrate aus den in §. 3 aufgeführten mittleren Werthen der Winkel nach Ausschlufs des unverhältnifsmäfsig stark,

[illegible] um [illegible] vom dem Näherungswerthe abweichenden Werthe [illegible] und unter Berücksichtigung des als fast [illegible] genau anzunehmenden Werthes von $\frac{a \sin \varepsilon}{b}$, wie er [illegible] gefunden ist, die wahrscheinlichsten Elemente, so [illegible]

$$\begin{aligned} \varepsilon &= 1.\text{[illegible]} \\ \gamma &= 0.\text{[illegible]} \\ \pi &= 90^\circ\ \text{[illegible]}'\ 50'' \end{aligned} \quad \text{für } c = 1$$

[illegible] den Winkel zwischen den positiven Hälften der [illegible] und [illegible] verstanden.

Die [illegible] zu berechnenden Winkel sind, wenn wir [illegible] wie in § 3 nennen.

Zone [illegible]

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	31	31	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Zone [illegible]

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]

Die Winkel in der Zone *s g f* sind nicht ausführlich aufgeführt, da sie nur um einige Secunden von den in §. 2 berechneten Winkeln abweichen.

Setzt man das Gewicht der mittleren Werthe der Winkel, die wir der Rechnung zu Grunde gelegt haben, $= 1$, so ist das Gewicht von *a* und *b* ungefähr 2, das von *s* ungefähr 6. Aus einer Vergleichung der berechneten Winkel mit den mittleren Werthen der beobachteten ergiebt sich nun als wahrscheinlicher Fehler dieser mittleren Werthe 6′. Der wahrscheinliche Fehler von *a* und *b* entspricht also ungefähr 4′, und der von ε ist ungefähr $= 2'\ 30''$. Der wahrscheinlichste Werth des wahrscheinlichen Fehlers der mittleren Werthe ist sogar nur etwa 4′, und die von *a*, *b* und ε entsprechend, aber hierauf brauchen wir keine Rücksicht zu nehmen.

Es steht demnach das Resultat $\varepsilon = 90°\ 7'\ 50''$ *so weit fest, dafs* ε *jedenfalls* $> 90°$, *d. h., dafs der Datolith nicht rhombisch mit Hemiëdrie oder gar quadratisch mit Tetartoëdrie in den wichtigsten Flächen, sondern ganz entschieden monoklinoëdrisch ist, wenn auch nur mit einer geringen Abweichung von der Rechtwinklichkeit der Axen.*

Als höchsten Werth des wahrscheinlichen Fehlers in den berechneten Winkeln der verschiedenen Flächen gegen die Hexaïdflächen kann man nun nach den hier nicht weiter mitzutheilenden Differentialgleichungen für diese Winkel etwa $2'\ 30''$ annehmen. Die Winkel zwischen zwei Flächen an verschiedenen Seiten einer Hexaïdfläche können demnach mit gröfseren Fehlern behaftet seyn, während andererseits die Winkel zwischen zwei Flächen an derselben Seite einer Hexaïdfläche in den oben aufgeführten Zonen, wenn diese Winkel klein sind, z. B. $\gamma : a$ oder $P : \delta$ u. dgl., als fast absolut richtig anzusehen sind. Wenn auch der höchst wahrscheinliche Fehler der Elemente und somit der daraus abgeleitete Winkel nicht der höchste mögliche Fehler ist, so können wir doch, wie auch der Erfolg zeigen wird, denselben hier bei der grofsen Anzahl der der Rechnung zu Grunde liegenden Winkel als den höchsten mög-

lichen Fehler annehmen, und nehmen demgemäfs mit Einschlufs der Beobachtungsfehler 4 Minuten als höchste Differenz zwischen den berechneten Winkeln der verschiedenen Flächen gegen die Hexaïdflächen und denjenigen Beobachtungen, welche den wahren Winkeln entsprechen. Mit Berücksichtigung dieser Differenz revidiren wir die in §. 3 aufgeführten Beobachtungen und finden so, dafs möglicherweise folgende Winkel einander entsprechen:

In der Zone $d\,b\,d$ ergiebt sich der Zusammenhang der Flächen auf den ersten Blick. Es entsprechen nämlich dem berechneten Winkel $b:d = 32^\circ\ 20'\ 29''$ die beiden Winkel

$$b_e : d_1 = 32^\circ\ 22'\ 30''$$
$$b_d : d_2 = 32\ \ 20\ \ 20$$

Es gehören also wahrscheinlich zu einem Krystall d die beiden Flächen b_d und d_2, so wie zu einem Krystall e die beiden Flächen b_e und d_1.

Verfolgen wir zuerst den Krystall d, so finden wir in der Zone $f_4\ P_2\ b\ f_2$ unter andern folgendes System von Winkeln:

	Berechnet			Beobachtet				
f	0°	0′	0″					
g	31	45	44	q_{2d}	31°	39′	10″	also $q:b = 58^\circ\ 9'\ 30''$
P	51	3	3	P_2	50	56	0	$P:b = 38\ 52\ 40$
b	89	55	9	b_d	89	48	40	$b:f = 89\ 55\ 50$
f	180	0	0	f_{2d}	179	52	50	

Wie man sieht sind die Abweichungen aller Winkel $q:P$, $q:b$ etc. innerhalb der festgesetzten Gränzen, und zwar zugleich nicht im Widerspruch miteinander.

Der Winkel $b_d : P_1 = 38^\circ\ 53'\ 20''$ weicht freilich auch nicht zu sehr von dem berechneten Winkel ab, aber einerseits ist der Winkel $b_e : P_1 = 38^\circ\ 51'\ 40''$ eben so gut zulässig, und andererseits pafst der Winkel $P_1 : P_2 = 59^\circ\ 6'\ 0''$ durchaus nicht zu dem berechneten Winkel $P:P = 58^\circ\ 59'\ 22''$. Wir sehen demnach P_1 nicht als zu dem Krystall d, sondern als zu dem Krystall e, d. h. zu den Flächen b_e und d_1 gehörig an. Wir haben also den beobachteten Winkel

$$b_e : P_1 = 38^\circ\ 51'\ 40''.$$

Eine Fläche, die zu b_d gehören könnte, findet sich weiter nicht, und wir haben also nun für die fernere Orientirung die übrigen Flächen des Krystalls d in ihren Winkelverhältnissen in den übrigen Zonen ins Auge zu fassen. In der Zone PP findet sich der Winkel

$$\beta_{2d} : P_2 = 19^\circ\ 4'\ 40''$$

entsprechend dem berechneten Winkel $\beta : P = 19^\circ\ 1'\ 50''$, und möglicherweise gehört zu demselben Krystall d auch eine der beiden Flächen $\beta_1 = 41^\circ\ 31'\ 0''$, wonach

$$\beta_1 : P_2 = 78^\circ\ 2'\ 0''$$
$$\beta_1 : \beta_2 = 97\ 6\ 40$$

in Uebereinstimmung mit den berechneten Winkeln $\beta_1 : P_2 = 78^\circ\ 1'\ 12''$ und $\beta : \beta = 97^\circ\ 3'\ 2''$.

In der Zone $s\ \mu_2\ q_2\ \beta_2$ findet sich freilich keine neue Fläche des Krystalls d, sie ist aber von Bedeutung durch die Uebereinstimmung des beobachteten Winkels

$$q_{2d} : \beta_{2d} = 14^\circ\ 32'\ 40''$$

mit dem berechneten Winkel $q : \beta = 14^\circ\ 33'\ 34''$.

In der Zone $s\ P_2\ d_2$ stimmt ebenfalls der beobachtete Winkel

$$P_2 : d_2 = 22^\circ\ 57'\ 20''$$

mit dem berechneten Winkel $P : d = 22^\circ\ 53'\ 40''$. Der Winkel $P_2 : \delta_2$ weicht freilich um 9 Minuten von dem berechneten Winkel ab, aber bei der Unsicherheit dieser Messung können wir doch δ_2 als mit zu dem Krystall d gehörig ansehen.

Es gehören also zu dem Krystall d die Flächen

$$b_d\ d_2\ \delta_2\ P_2\ q_{2d}\ \beta_{2d}\ f_{2d}\ \beta_{1d}.$$

Als zu dem Krystall e gehörig, haben wir bis jetzt die Flächen b, P_1 und d_1 erkannt. Zu demselben Krystalle gehört möglicherweise s_2 nach dem Winkel

$$b : s_2 = 90^\circ\ 6'\ 30'',$$

der hinreichend übereinstimmt mit dem berechneten Winkel $b : s_2 = 90^\circ\ 7'\ 50''$. Die Zone $s\ P_1\ d_1$ mufs nun Aufklärung darüber geben, ob die Flächen $P_1\ d_1$ und s_2 zu demselben Krystalle gehören können. Hier sind die Winkel

	berechnet				beobachtet		
s_1	0°	0′	0″	s_1	0°	0′	0″
P_1	66	59	53	P_1	66	57	40
δ_1	77	57	49	δ_1	77	56	20
d_1	89	53	33	d_1	89	48	0
e_1	130	8	22	e_1	130	14	0
l_1	141	41	30	l_1	141	45	0
s_2	180	0	0	s_2	179	53	30

Man sieht zunächst, dafs die Flächen e_1 und l_1 hier nicht in Betracht kommen. Die Fläche δ_1 stimmt in den Winkeln gegen P_1 und d_1 bis auf resp. 1 Minute und 4 Minuten, also für die Messung einer der kleinsten Flächen hinreichend genau. Von diesen drei Flächen P_1 δ_1 und d_1 pafst nun d_1 sehr gut zu s_2. Wir können deshalb auch die Differenz von 4′ 17″ in dem Winkel $P_1 : s_2$ zulassen, um so mehr als gerade dieser Winkel durch kleine Veränderungen in den der Rechnung zu Grunde gelegten Elementen des Krystalls besonders stark verändert wird. Der Winkel $\delta_1 : s_2$ stimmt bis auf 6 Minuten, also für die Unsicherheit der Messung von δ_1 hinreichend genau. Eine Verbindung von P_1 und δ_1 mit s_1 kann nicht weiter zur Sprache kommen, da weder d_1 noch b_4 zu s_1 pafst. Es gehören also zu dem Krystall e die Flächen

$$b,\ P_1\ \delta_1\ d_1\ s_2$$

und wir haben uns aus demselben noch die Winkel zu merken:

$$P : d = 22° 50′ 20″$$

$d : s_2 = 90° 5′ 30″$ oder $s : d = 89° 54′ 30″$

In einem Krystall f gehört zunächst die Fläche b_f. Zu derselben Fläche gehört die in der Zone $f_1\ b\ f_3$ beobachtete Fläche f_3 nach dem Winkel

$$b_f : f_3 = 90° 3′ 30″,$$

der mit dem berechneten Winkel $b : f_3 = 90° 4′ 51″$ hinreichend übereinstimmt.

In der Zone $f_4\ b\ f_3$ findet sich unter anderen folgendes von den Winkeln:

berechnet				beobachtet			
f_4	0°	0′	0″	f_{4f}	0°	6′	0″
q	31	45	44	q_{2f}	31	51	10
b	89	55	9	b_e	90	0	30
				b_f	90	0	30

Es ist hiernach nicht zu entscheiden, ob die Flächen f und q zu b_e oder zu b_f zu rechnen seyen; wir werden aber im Verlauf der Untersuchung sehen, dafs dieselben sehr gut zu dem sehr ausgedehnten Krystall f passen, während der Krystall e in der Nachbarschaft dieser Flächen sich nicht weiter zeigt. Aufserdem liegt hier die Vermuthung nahe, dafs die in der Zone $b\,f_3$ beobachtete Fläche f_3 mit der Fläche $f_3 = 231°\ 45'\ 30''$ aus der Zone $s\,\gamma\,a\,b$ (§. 2) identisch ist, wo dann der beobachtete Winkel $f_3 : f_4 = 76°\ 35'\ 10''$ hinreichend mit dem berechneten Winkel 76° 37′ 0″ übereinstimmt. Wir haben hiernach die Winkel

$$f_{4f} : b_f = 89°\ 54'\ 30''$$
$$q_{2f} : b_f = 58\ \ 9\ 20$$

In den beiden Zonen $g\,b\,e$ passen die Flächen e und α sehr gut zu b_f. Es ist nämlich

berechnet				beobachtet				beobachtet			
b	89°	53′	23″	b_f	90°	0′	0″	b_f	89°	59′	20″
e	139	46	3	e_2	139	51	40	e_1	139	52	10
α	157	5	15	α_2	157	12	20	α_1	157	11	0

also $b_f : e_2 = 49°\ 51'\ 40''$ $\quad b_f : \alpha_2 = 67°\ 12'\ 20''$

$b_f : e_1 = 49\ \ 52\ 50$ $\quad b_f : \alpha_1 = 67\ \ 11\ 40$

Die Beobachtungen in der Zone $e\,e$ zeigen freilich, dafs auf e_1 zwei Flächen zu unterscheiden sind; aber diese Flächen liegen so nahe zusammen, und die beiden Winkel gegen e_2

$$e_1 : e_2 = 48°\ 18'\ 10''$$
$$48\ \ 15\ 30$$
$$\text{Mittel}\ \ 48°\ 16'\ 50''$$

stimmen so sehr mit dem berechneten Winkel 48° 16′ 48″ überein, dafs diese beiden Flächen nicht zu trennen sind. Wir nehmen deshalb das Mittel aus den beiden Winkeln.

Die Winkel in der Zone $s\ \mu_2\ q_2$ bestätigen nicht nur, dafs q_{2f} und α_2 zusammengehören, sondern weisen auch noch β_{2f} als zu demselben Krystall gehörig nach. Es ist nämlich

	berechnet		beobachtet			
q	58° 8′ 41″		q_{2f}	58° 10′ 40″		
β	72 42 15		β_{2f}	72 43 30	also $q:\beta$	= 14° 32′ 50″
α	141 4 53		α_2	141 7 0	$\beta:\alpha$	= 68 23 30

Die Fläche $\mu_2 = 47° 5′ 30″$ könnte freilich auch mit hierzu gerechnet werden, aber das entsprechende Bild weicht durchaus von der Zone $q_{2f}\ \beta_{2f}\ \alpha_2$ ab. Aufserdem gehört zu demselben Krystall die Fläche l_1 mit dem Winkel

$$e_1 : l_1 = 11° 31′ 0″,$$

der mit dem berechneten Winkel $= 11° 33′ 8″$ hinreichend übereinstimmt.

Zu α_1 pafst auch q_1 und β_{1a} ganz gut, aber q_1 pafst sehr gut zu der ihr benachbarten f_1, während f_1 nicht füglich zu dem System $b_f\ f_3$ gehören kann. Es gehören demnach zu dem Krystall f die Flächen

$$b_f\ \beta_{2f}\ q_{2f}\ f_3\ f_{4f}\ \alpha_2\ e_2\ e_1\ \alpha_1\ l_1.$$

Die Flächen q_1 und β_{1a} gehören zu der Fläche f_1, die in der Zone $f_1\ P_1\ b$ beobachtet ist. Es sind nämlich die Winkel

berechnet		beobachtet	
$f:q$	= 31° 45′ 44″	$f_1 : q_1$	= 31° 44′ 30″
$q:\beta$	= 14 33 34	$q_1 : \beta_{1a}$	= 14 33 10

Da nur ein Bild auf f_1 beobachtet ist, so entspricht diefs offenbar dem stärkeren Bilde aus der Zone $s\ g\ f$, gehört also zu dem Krystall a (conf. §. 2), und es gehören also zu diesem Krystall die Flächen

$$q_1\ \beta_1\ g_{1a}\ f_{1a}\ f_{2a}\ g_2\ s_2\ g_3\ f_{3a}.$$

Von diesen Flächen gehört freilich s_2 auch zu dem Krystall e, aber die Krystalle a und e sind darum doch ganz verschieden, wie die Winkel zwischen den beiderseitigen Flächen zeigen. Es ist also s_2 gleichsam die Zwillingsfläche der beiden Krystalle. Ob die Flächen g_{1a} zu g_3 und f_{1a} zu f_{3a} wirklich gehören, wäre noch aus den Zonen

$g_1\ b\ e_2$ und $f_1\ P_1\ b$ zu untersuchen; aber hier sind die schwachen Bilder g_{1c} und f_{3c} nicht beobachtet. Von den Flächen, die wir in §. 2 als zu dem Krystall b gehörig aufgestellt haben, gehören wie oben gezeigt ist, f_{3f} und f_{4f} wahrscheinlich zu dem Krystall f, der Krystall b ist aber nicht identisch mit f, da von den Flächen $g_1\ f_1$ und f_2 keine zu b_f pafst. Auch pafst nach den Zonen $f\ P\ b$ namentlich f_{4f} durchaus zu keiner der beiden f_2. Es bleiben demnach als zu dem Krystall b gehörig nur die Flächen

$$g_{1b}\ f_{1b}\ f_{2b}.$$

Als zu einem Krystall c gehörig, sind in §. 2 die Flächen g_{4c} und s_1 aufgestellt. Zu s_1 gehören möglicherweise die Flächen a_c und μ_{2c}. Es ist nämlich

berechnet	beobachtet
$s_1 : \alpha = 44^\circ\ 55'\ 29''$	$s_1 : a_c = 44^\circ\ 54'\ 50''$
$s_1 : \mu = 47\ \ 2\ 10$	$s_1 : \mu_{2c} = 47\ \ 5\ 30$

Die Winkel gegen g_{4c} sind nicht gemessen, und es ist also nicht sicher festzustellen, ist aber wahrscheinlich, dafs zu dem Krystall c die Flächen gehören:

$$g_{4c}\ s_2\ a\ \mu_{2c}.$$

Die Fläche $\gamma = 26^\circ\ 28'\ 0''$ kann nicht füglich zu diesem Krystalle gerechnet werden, da der Winkel gegen s um $3'\ 51''$ abweicht, und gerade bei diesem Winkel nur ein sehr geringer Beobachtungsfehler anzunehmen ist.

Es sind somit bis auf einige wenige Ausnahmen wie $\mu_1\ l_2$ und einige der mehrfachen Bilder auf β_1 etc. sämmtliche Flächen mit ihren mehrfachen Bildern als zu bestimmten Krystallen gehörig gruppirt. Wir können also den hier untersuchten Krystall ansehen als gebildet von sechs verschiedenen Individuen, die, sehr wenig gegen einander gedreht, theils einander durchdringen, theils neben einander liegen.

§. 6.

Die berechneten Winkel, welche in §. 5 behufs Gruppirung der verschiedenen Flächen zu Grunde gelegt sind,

beruhen auf den Elementen, welche aus den mittleren Werthen der sämmtlichen beobachteten Winkel abgeleitet sind. Wären nun durch die Gruppirung der Flächen nur wenige Winkel als die wahrscheinlich richtigen ermittelt, so würden wir am besten bei diesen Elementen stehen bleiben; bei der grofsen Anzahl von Winkeln, welche in §. 2 und §. 5 als wahrscheinlich richtig aufgestellt sind, verlohnt es sich aber der Mühe, dieselben wiederum einer Berechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate zu unterwerfen.

Wir legen hierbei aufser den in §. 5 aufgeführten Winkeln folgende Winkel aus §. 2 zu Grunde:

Krystall *a*.

$$f_1 : f_2 = 76^\circ\ 37'\ 0''$$
$$g_2 : g_3 = 64\ \ 41\ \ 10$$

Krystall *c*.

$$g_4 : s_1 = 32^\circ\ 19'\ 50''.$$

Krystall *f* (conf. §. 5).

$$f_3 : f_4 = 76^\circ\ 35'\ 10''.$$

Die nicht genau genug zu beobachtenden Flächen sind hierbei unberücksichtigt geblieben.

Man findet dann als die wahrscheinlichsten Elemente:

$$\left.\begin{array}{l} a = 0{,}99957 \\ b = 0{,}78937 \end{array}\right\} \text{ für } c = 1$$
$$\varepsilon = 90^\circ\ 7'.$$

Die hiernach berechneten Winkel sind wie folgt, wobei zur leichteren Vergleichung die Minuten und Secunden von den der Rechnung zu Grunde gelegten beobachteten Winkeln mit aufgeführt sind. Die Winkel sind immer die der Drehung des Reflexionsgoniometers entsprechenden (d. h. die Winkel zwischen den Normalen der Flächen), also die Supplemente derjenigen, die gewöhnlich angegeben werden.

	Berechnet	Beobachtet an den Krystallen				
		a	*c*	*d*	*e*	*f*
Zone *s g f*						
$f_1 : f_2 = f_3 : f_4$	76° 35′ 50″	37′ 0″				35′ 10″
$g_2 : g_3$	64 40 46	41 10				
$g_4 : s_1$	32 20 23		19′ 50″			
Zone *s γ a b*						
$s_1 : a$	44 55 46		54 50			
$b : s_2$	90 7 0				6′ 30″	
Zone *d b d*						
$d_1 : b = b : d_2$	32 20 57			20′ 20″	22 30	
Zonen *s P d*						
$P : d$	22 53 34			57 20	50 20	
$d : s_2$	90 5 55				5 30	
$e : l$	11 33 0					31 0
Zonen *s μ q β*						
$s : \mu$	47 2 41		5 30			
$q : \beta$	14 33 34	33 10		32 40		32 50
$\beta : \alpha$	68 22 0					23 30
Zonen *f P b*						
$f : q$	31 45 29	44 30				
$f_1 : b = 180° - b : f_2$	89 55 41			55 50		54 30
$q : b$	58 10 12			9 30		9 20
$P : b$	38 52 44			52 40	51 40	
Zonen *g b e*						
$b : e$	49 52 32					51 40 52 50
$b : \alpha$	67 11 28					12 20 11 40
Zonen *β P P β*						
$\beta_1 : P_2$	78 3 21			2 0		
$\beta_2 : \beta_2$	97 5 20			6 40		
$P_2 : \beta_2$	19 1 59			4 40		
Zonen *e e*						
$e : e$	43 16 36					15 30 18 10

Von den 33 beobachteten Winkeln weichen 20 zwischen 0′ 4″ und 1′ 0″ von den berechneten Winkeln ab, 8 zwischen 1′ 4″ und 1′ 34″ ferner 3 zwischen 2′ 0″ und 2′ 49″ und endlich 2, nämlich die beiden *P* : *d* um 3′ 14″ und um 3′ 46″. Nach diesen Unterschieden ist der wahrscheinliche mittlere Beobachtungsfehler = 1′ 30″ und der wahrscheinlichste Werth dieses mittleren Fehlers zwischen 0′ 56″ und 1′ 6″. Es ist nun aber

das Gewicht von *a* 2,5
» » » *b* 3,0
» » » *ε* 5,4.

[illegible] Fehler von a entsprechend [illegible] entsprechend 32 bis 38 Se- [illegible] 25 und 29 Secunden. Neh- [illegible] des Umstandes, dafs [illegible] der Flächen ein Fehler [illegible] die Fehler ungefähr doppelt so [illegible] als Gränze für denselben bei [illegible] und demgemäfs als äu- [illegible] zu berechnenden Winkel der [illegible] die Hexaïdflächen 1' und folg- [illegible] der Winkel zwischen irgend [illegible] verschiedenen Seiten der Fläche [illegible] den meisten Fällen der Fehler [illegible]

[illegible] *noch gröfserer Bestimmtheit* [illegible] *zwar beinahe* $= 90^\circ$ [illegible] *davon abweicht, so wie dafs* [illegible] $= 1$ *ist, aber doch zwischen* [illegible] *liegt.*

[illegible] mit meinen früher veröffentlich- [illegible] Messungen, wonach $\varepsilon = 90^\circ\ 6'$ direct [illegible] hiernach dieser Winkel wahrschein- [illegible] und $90^\circ\ 7'$, doch bleiben wir der [illegible] Resultate der Rechnung $= 90^\circ\ 7'$ [illegible]

[illegible] der Flächen in der Weise wie [illegible] sind hiernach mit Abrundung [illegible]

[illegible]	$=$ [illegible]	[illegible]	
[illegible]	$= 115$	19	an der Axe a
[illegible]	$= 129$	56	
[illegible]	$= 131$	43	
[illegible]	$=$ 90	7	
[illegible]	$= 135$	3	
[illegible]	$= 141$	7	
[illegible]	$= 147$	39	
[illegible]	$= 130$	7	

Eine Uebersicht über sämmtliche berechnete Winkel mitzutheilen halte ich nicht für nöthig.

§. 7.

In Bezug auf die schon früher von mir aufgestellte Frage, ob der Andreasberger Datolith mit dem von Lévy untersuchten nicht vielleicht specifisch verschieden sey, da die Lévy'schen Bestimmungen $f:f=77°\ 30'$, $b:s=91°\ 41'$, $b:d=148°\ 56'$ gar zu sehr abweichen, finde ich Auskunft in Hausmann's Handbuch der Mineralogie, 2. Aufl. II. S. 909:

»Das Krystallisationssystem des Datolith wurde anfänglich für ein orthorhombisches gehalten. Als solches ist es noch in der zweiten Ausgabe von Haüy's *Traité de Min.* dargestellt. Lévy wies bei einer von ihm für eine verschiedene Mineralspecies angesprochenen und mit dem Namen Humboldtit belegten Abänderung ein klinorhombisches System nach. Dafs ein solches auch dem Datolith eigen ist, erkannte Mohs an der Art der Symmetrie der Krystallisationen (Grundrifs II. 253), bei denen er übrigens die Haüy'schen Winkelbestimmungen beibehielt. Wollaston fand darauf, dafs der sogenannte Humboldtit gleiche Bestandtheile mit dem Datolith besitzt; und Haidinger vereinigte in der englischen Ausgabe der Mineralogie von Mohs aus krystallographischen Gründen beide Mineralkörper, indem er von den Lévy'schen auf den sogenannten Humboldtit sich beziehenden Winkelbestimmungen Gebrauch machte.«

Es ist hiernach wohl kein Zweifel, dafs der Humboldtit (Fundorte Sonthofen in Baiern, Seisser Alpen, Theifs bei Klausen in Tyrol, Edinburgh, Hamden in Connecticut) mit den Lévy'schen Bestimmungen von dem Datolith wieder zu trennen ist. Genauere chemische Untersuchungen müssen zeigen, ob der Unterschied in den Winkeln einer Verschiedenheit wenigstens in den Verhältnissen der Bestandtheile, ähnlich wie bei den Carbonspäthen, entspreche, oder ob hier eine Dimorphie anzunehmen sey.

[redacted] Mischung [redacted]
[redacted] [redacted] [redacted] [redacted];
[redacted]
[redacted] [redacted] [redacted] [redacted] [redacted] [redacted] Abhandlung.

[redacted] [redacted] [redacted] [redacted] [redacted] [

ohne indefs diese Erscheinung als allgemein statuiren zu können.

Die zweite der drei möglichen Contractionen läfst sich nur indirect finden und zwar als Differenz der ersten und der summirten ersten und zweiten Contraction.

Die summirte erste und zweite Contraction ergiebt sich aus dem Vergleiche der Volumina, welche die gelösten *aber noch getrennten* Salzatome vor und nach der Zersetzung einnehmen. Sie wurde neuerdings [1]) für den Fall berechnet, dafs eine gewisse Anzahl, etwa 20 Salzatome KCl in 100 Gewichts- resp. Volumeinheiten Wasser gelöst, mit einer gleichen Anzahl Salzatome NaO, NO_5, ebenfalls in derselben Wassermenge gelöst, sich ohne wirkliche Vermischung zersetze.

Die dritte der drei möglichen Contractionen kann wieder direct gefunden werden, wenn nämlich die Lösungen der bereits zersetzten aber noch getrennten Salzatome wirklich miteinander vermischt werden.

Da die summirte erste und zweite Contraction bisher nur an dem einzigen vorerwähnten Beispiele nachgewiesen wurde, so scheint es wohl nicht überflüssig zu seyn, ehe ich zu der dritten Contraction übergehe, hier noch weitere Beispiele folgen zu lassen. Es mögen daher, um jeden Gedanken, als spiele hier der Zufall mit, soviel als möglich zu entfernen, *alle die* Combinationen folgen, welche die früher veröffentlichten Versuche gestatten. Die aus den frühern Beobachtungen mittelst graphischer Interpolation erhaltenen Werthe sind die in der hiernächst folgenden Tabelle V zusammengestellten.

Tabelle V.

Colonne *A* enthält das chemische Zeichen des Salzatoms,
B die Anzahl der in 100 Gewichts- resp. Volumseinheiten Wasser gelösten Salzatome,
C das relative Volum dieser Lösung.

1) Pogg. Ann. Bd. 96, S. 59.

A	*B*	*C*	*A*	*B*	*C*
K Cl	10	102,90	Na Cl	10	101,80
	20	105,95		20	103,81
	30	109,09		30	105,90
	40	112,34		40	108,10
K Br	10	103,64	Na Br	10	102,49
	20	107,50		20	105,21
	30	111,42		30	108,00
	40	115,39		40	110,89
KO, SO_3	10	102,04	NaO, SO_3	10	101,00
KO, NO_5	10	104,02	NaO, NO_5	10	102,96
	20	108,16		20	106,14

Bei Zugrundelegung der vorstehenden Interpolationswerthe ergiebt sich nun die summirte erste und zweite Contraction wie folgt:

Tabelle VI.

Colonne *A* enthält das chemische Zeichen des einen,
B das des anderen gelösten Salzatoms,
C die Anzahl der beiden sich wechselseitig zersetzenden Salzatome,
D die summirte erste und zweite Contraction d. h. die Gröfse $\frac{h-m}{h}$, in welcher *h* bezeichnet das Gesammtvolum, welches die getrennten Lösungen der Salzatome *vor* der Zersetzung, *m* dagegen das Gesammtvolum, welches die getrennten Lösungen der Salzatome *nach* der Zersetzung einnehmen und endlich
E die Differenz dieser Gröfsen.

A	*B*	*C*	*D*	*E*
K Br	Na Cl	10	0,0002	0,0005
		20	0,0007	0,0004
		30	0,0011	0,0001
		40	0,0012	
K Cl	NaO, SO_3	10	0,0003	
K Br	NaO, SO_3	10	0,0005	

A	*B*	*C*	*D*	*E*
K Cl	NaO, NO_5	10 20	0,0002 0,0006	0,0004
K Br	NaO, NO_5	10 20	0,0004 0,0013	0,0009
KO, NO_5	NaO, SO_3	10	0,0001	

Soweit also die bisherigen Versuche reichen, findet eine Contraction überall da statt, wo gelöste Salzatome sich zersetzen und die neu entstandenen Salzatome von dem lösenden Wasser gegen die frühern ausgetauscht werden [1]; *sie wird gröfser mit der wachsenden Anzahl sich zersetzender Salzatome,* doch, wie es scheint, nicht in gleichem, sondern in abnehmendem Verhältnifs; *sie wird ebenfalls gröfser, wenn die Anzahl sich zersetzender Salzatome dieselbe bleibt, diese aber durch ähnliche schwerere substituirt werden.* Wenn z. B. KBr sich mit NaO, SO_3 oder mit NaO, NO_5 zersetzt, so ist die Contraction gröfser, als wenn das leichtere Salzatom KCl für KBr substituirt wird, wie diefs aus den Zahlen der vorstehenden Tabelle hinreichend ersichtlich ist. Wie früher [2]) bei den Contractionen, welche die Lösung der Salze in Wasser begleiten, so ist es also auch hier *qualitativ* durchaus gleich, ob ein Salzatom durch *zwei* ihm *gleiche* oder durch ein *anderes schwereres* ersetzt wird, vorausgesetzt nur, dafs beide ein und derselben Reihe angehören. In beiden Fällen ruft die gröfsere Masse eine intensivere Wirkung hervor.

Nachdem so die Existenz einer summirten ersten und

1) Dafs die Salzatome, wie sie in der Tabelle angegeben sind, sich vor der Krystallisation durch doppelte Wahlverwandtschaft zersetzen, habe ich aus der relativen Lage deducirt, welche die bereits früher zusammengestellten Löslichkeitscurven der Salzatome gegeneinander einnehmen. Die vier Atome K, Na, Br und Cl können sich z. B. gruppiren zu KBr und NaCl, aber auch zu KCl und NaBr. Bei gewöhnlicher Temperatur wird aber jedenfalls das am wenigsten lösliche Salzatom KCl zuerst herauskrystallisiren.

2) Pogg. Ann. Bd. 96, S. 47.

zweiten Contraction bei allen bisher möglichen Combinationen nachgewiesen wurde, handelt es sich zunächst darum, die erste Contraction in Abzug zu bringen.

Die Gröfse dieser Contraction läfst sich aus den vorhandenen Angaben nur für drei der vorerwähnten sechs Fälle berechnen. Bezeichnet man durch h das Gesammtvolum, welches die beiden Salzatome vor der Zersetzung einnehmen, durch m dagegen das Gesammtvolum, welches die beiden in Folge der Zersetzung resultirenden Salzatome einnehmen, so ist die durch die Umlagerung der Atome hervorgerufene Contraction

$\frac{h-m}{h}$ für KCl und $NaO, SO_3 = 0{,}0831$
» KCl » $NaO, NO_5 = 0{,}0104$
» KO, NO_5 » $NaO, SO_3 = 0{,}0610$ [1]).

Um nun diese Contractionen in Abzug zu bringen von den in Tabelle VI angeführten, mufs man das Volum kennen, welches die Salzatome in der wäfsrigen Lösung einnehmen. Dafs sie nicht ihr ursprüngliches, wohl aber ein kleineres Volum darin einnehmen, unterliegt keinem Zweifel, da die Lösung von einer Contraction begleitet ist, und diese sich gewifs nicht ausschliefslich auf das Wasser erstreckt. Dafs die Contraction, welche die Umlagerung der Atome zu neuen Salzatomen begleitet, auf das Volum der Lösungen vertheilt, um so kleiner ausfallen wird, je kleiner man das Volum der Salzatome in der Lösung annimmt, ist ebenfalls klar. Allein selbst dann, wenn man das eine ganz unwahrscheinliche Extrem supponirt, dafs die bei der Lösung der Salzatome beobachtete Gesammtcontraction sich ausschliefslich auf die Salzatome erstrecke, man also das Volum der gelösten Salzatome so klein als nur immer möglich annimmt, selbst dann noch ist in jedem der drei vorerwähnten Fälle die erste Contraction, auf das Volum der Lösung vertheilt,

1) Die bei diesen Berechnungen zu Grunde gelegten specifischen Gewichte sind die bereits früher (Pogg. Ann. Bd. 96, S. 59 Anm.) angeführten, überdiefs aber $KO, SO_3 = 2{,}66$ nach Kopp und $NaO, SO_3 = 2{,}63$ nach Karsten.

entweder ebenso grofs oder gröfser als die summirte erste und zweite. Sie ist nämlich alsdann

für	10	Atome	KCl	und	NaO, SO_3	$= 0{,}0016$
»	10	»	KCl	»	NaO, NO_5	$= 0{,}0003$
»	20	»	»	»	»	$= 0{,}0006$
»	10	»	KO, NO_5	»	NaO, SO_3	$= 0{,}0015.$

Auf diesem Wege gelingt es also nicht, die aus den Curven berechnete Gesammtcontraction in zwei zu zerlegen. Dafs die zweite Contraction gar leicht verdeckt bleiben kann, ist wohl möglich, da Gröfsen mit in Rechnung gebracht werden müssen, deren Bestimmung sich oft bedeutende Schwierigkeiten entgegenstellen. Wenn es daher einstweilen noch unentschieden bleibt, welcher Antheil der zweiten Contraction zuzuschreiben ist, so bleibt der Umstand jedenfalls bemerkenswerth, dafs die Contraction, welche die Umlagerung der Atome zu neuen Salzatomen begleitet, in gleicher Weise sich kund giebt, mag sie nun unmittelbar an den Atomen selbst gemessen werden, oder durch Vermittlung eines Mediums, in welchem diese Umlagerung vor sich geht.

An die beiden vorangehenden reiht sich nun die dritte Contraction, welche stattfinden kann, wenn die bereits zersetzten Salzatome oder deren Lösungen sich inniger miteinander verbinden. Um diese kennen zu lernen, wurden miteinander vermischt Lösungen

von KO, NO_5 und $NaCl$,
» KCl und $NaCl$ und
» $NaCl$ und NaO, NO_5.

Da es mir nicht ohne Interesse schien, neben den Fällen, wo gleiche Atomenmengen der verschiedenen Salze sich miteinander vermischen, auch die zu betrachten, wo die Anzahl der Salzatome eine ungleiche ist, so habe ich die einzelnen Salzatome in mehreren Verhältnissen miteinander vermischt und zwar in der Regel so, dafs annähernd einmal 1 Atom des einen Salzes mit 4 Atomen des anderen, dann 2 Atome

des erstern mit 3 Atomen des letztern, dann 3 Atome des erstern mit 2 Atomen des letztern und endlich 4 Atome des erstern mit 1 Atom des letztern vermischt wurden. Die betreffenden Salze wurden vor dem Abwägen von Feuchtigkeit befreit und zwar KCl und NaCl durch Glühen, KO, NO_5 und NaO, NO_5 dagegen durch Hinüberleiten einer bis auf 120° oder 130° erwärmten Luft. Die Salzgemenge wurden darauf in Wasser von etwa 15° C. gelöst und die Curven der Volumina genau ebenso durch 5 Punkte bestimmt, wie es früher für die einzelnen Salze geschehen. Es brauchte zu diesem Zweck nur die Gesammtmenge des gelösten trocknen Salzes bestimmt zu werden, da das durch Synthese bekannte Verhältnifs der Gewichtsmengen beider Salze dasselbe blieb, mochten auch beim Auskochen dieser Gemische einzelne Tropfen aus dem Kochgefäfs herausgeschleudert werden. Die Dichtigkeiten, wie sie bei den einzelnen luftfreien Salzgemischen beobachtet wurden, sind in der nachfolgenden Tabelle VII zusammengestellt. Wie die frühern, so gelten auch diese sämmtlich für die Temperatur 19°,5, die Dichtigkeit des luftfreien Wassers bei derselben Temperatur als Einheit genommen.

Tabelle VII.

Colonne *A* enthält die chemischen Zeichen der beiden mit einander vermischten Salzatome,

B die beobachteten specifischen Gewichte,

C das Gesammtgewicht des in 200 Gewichtstheilen Wasser gelösten Salzes,

D das relative Gesammtvolum, welches die vermischten Salzlösungen haben, wenn das Volum der 200 Gewichtstheile lösenden Wassers als 200 angenommen wird,

E die Anzahl der Atome des in Colonne *A* *zuerst* genannten Salzes und endlich

F die Anzahl der Atome des *anderen* Salzes, welche neben 100 Atomen des erstern gelöst sind.

A	B	C	D	E	F
Na Cl	1,0512	15,72	205,21	21,09	15,93
und	1,1009	32,74	211,41	43,93	
KO, NO_5	1,1509	51,86	218,84	69,58	
	1,1889	67,71	225,18	90,84	
	1,2248	84,01	231,87	112,71	
	1,0518	16,30	205,66	16,30	41,10
	1,0996	32,97	211,87	32,98	
	1,1589	56,30	221,16	56,31	
	1,1933	71,05	227,14	71,06	
	1,2297	88,48	234,60	88,50	
	1,0376	11,98	204,29	7,89	92,35
	1,0749	24,77	209,11	16,32	
	1,1134	39,16	214,80	25,80	
	1,1488	53,33	220,51	35,13	
	1,1764	65,18	225,42	42,94	
	1,0315	10,19	203,77	3,28	249,85
	1,0629	21,09	208,01	6,78	
	1,0918	31,71	212,23	10,20	
	1,1217	43,42	217,01	13,96	
	1,1474	54,05	221,41	17,38	
Na Cl	1,0464	14,12	204,62	19,68	17,85
und	1,0917	29,34	210,08	40,90	
K Cl	1,1366	46,07	216,49	64,22	
	1,1783	63,07	223,27	87,91	
	1,2125	78,40	229,61	109,28	
	1,0490	15,21	205,15	16,87	42,52
	1,0943	30,85	210,96	34,23	
	1,1377	47,38	217,44	52,57	
	1,1800	65,07	224,63	72,19	
	1,2113	79,25	230,53	87,92	
	1,0419	13,19	204,62	9,68	104,39
	1,0819	27,06	209,87	19,85	
	1,1219	42,13	215,83	30,92	
	1,1587	57,28	222,04	42,04	
	1,1868	69,86	227,38	51,27	
	1,0387	12,41	204,50	4,81	267,5
	1,0755	25,34	209,52	9,83	
	1,1077	37,56	214,46	14,57	
	1,1458	53,27	221,04	20,65	
	1,1730	65,24	226,12	25,30	

A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*
Na Cl	1,0381	12,40	204,61	2,72	532,94
und	1,0740	25,14	209,63	5,52	
K Cl	1,1092	38,68	215,18	8,50	
	1,1455	53,89	221,64	11,84	
	1,1733	66,43	227,07	14,59	
Na Cl	1,0519	15,78	205,13	19,72	25,43
und	1,0994	31,81	210,85	39,75	
Na O, NO_5	1,1446	48,64	217,23	60,77	
	1,1930	68,40	224,97	85,47	
	1,2320	86,10	232,23	107,58	
	1,0627	19,49	206,54	16,90	66,94
	1,1225	40,49	214,25	35,12	
	1,1803	63,50	223,24	55,07	
	1,2340	87,57	233,04	75,95	
	1,2817	111,61	243,13	96,79	
	1,0782	24,94	208,62	13,21	153,31
	1,1529	52,63	219,12	27,89	
	1,2257	84,14	231,81	44,59	
	1,2934	118,33	246,12	62,71	
	1,3478	149,97	259,67	79,48	
	1,0790	25,34	208,85	6,29	405,61
	1,1574	54,73	220,09	13,58	
	1,2322	87,48	233,31	21,70	
	1,2965	120,38	247,12	29,86	
	1,3555	155,13	262,00	38,49	

Die vorstehende Tabelle enthält nur solche Zahlen, die aus den unmittelbaren Beobachtungen deducirt werden mufsten, um die nachfolgende Untersuchung durchzuführen. Andere Zahlen, welche mit der folgenden Untersuchung in gar keiner Beziehung stehen, die aber einer solchen Tabelle vielleicht einigen practischen Werth ertheilen können, wie etwa die von jedem Salze gelösten *Gewichtsmengen*, findet man nicht angegeben, da diese sich leicht berechnen lassen. Man braucht zu diesem Zwecke nur die Werthe der Colonne *E* mit der Zahl 0,5843 [1]) zu multipliciren, um die Gewichtsmenge des gelösten Chlornatriums zu erhalten; dieses Gewicht von dem in Colonne *C* angegebenen Gesammt-

1) $\frac{\text{Atomgewicht}}{100}$.

gewicht subtrahirt, giebt unmittelbar das Gewicht des gelösten anderen Salzes.

Die modificirten (*m*) Volumina, welche aus den Werthen der Tabelle VII durch graphische Interpolation hergeleitet wurden, sind in Tabelle VIII zusammengestellt.

Tabelle VIII.

Colonne *A* enthält die Atomenmenge des einen,
B die des anderen überschriebenen Salzes und
C die modificirten Volumina, das Volum des lösenden Wassers als 200 angenommen.

A	*B*	*C*	*A*	*B*	*C*
Na Cl	KO, NO_5		Na Cl	Na O, NO_5	
60	10	216,16	60	10	215,19
	20	220,53		20	218,61
50	10	213,98		30	222,01
	20	218,39		40	225,45
40	10	211,87		50	228,96
	20	216,14		60	232,52
30	10	209,78		70	236,12
	20	214,00		80	239,68
20	10	207,73		90	243,23
10	10	205,78	50	10	212,99
	20	209,90		20	216,35
Na Cl	K Cl			30	219,73
60	10	215,08		40	223,15
	20	218,34		50	226,63
50	10	212,88		60	230,14
	20	216,09		70	233,65
	30	219,30	40	10	210,83
	40	222,60		20	214,14
40	10	210,73		30	217,48
	20	213,90		40	220,86
	30	217,08		50	224,30
	40	220,30		60	227,73
30	10	208,67		70	231,33
	20	211,79		80	234,93
	30	214,90		90	238,56
20	10	206,58		100	242,20
	20	209,62	30	10	208,80
	30	212,74		20	212,03
	40	215,92		30	215,32
10	10	204,61		40	218,68
	20	207,68		50	222,10
	30	210,77		60	225,59
	40	213,92		70	229,10

A	B	C	A	B	C
Na Cl	NaO, NO_5		Na Cl	NaO, NO_5	
30	80	232,60	20	60	223,33
	90	236,10		70	226,68
	100	239,60		80	230,04
20	10	206,78	10	10	204,72
	20	210,00		20	207,88
	30	213,25		30	210,99
	40	216,60		40	214,13
	50	219,98			

Die vorstehenden modificirten (m) Volumina, verglichen mit den hypothetischen (h), wie sie aus frühern Versuchen sich ergeben, lassen den Grad der Contraction $\frac{h-m}{h}$ berechnen.

Ehe ich indefs die Resultate dieser Rechnungen mittheile, mögen hier noch die Interpolationswerthe angeführt werden, welche bei der Berechnung der hypothetischen Volumina zu Grunde gelegt wurden. Ein Theil derselben wurde bereits in Tabelle V angeführt. Die hier folgende Tabelle IX vervollständigt daher nur jene und ist auch ihre Einrichtung genau dieselbe.

Tabelle IX.

A	B	C	A	B	C
K Cl	5	101,40	NaO, NO_5	5	101,40
	15	104,42		15	104,52
				25	107,78
Na Cl	5	100,85		30	109,40
	15	102,80		35	111,06
	25	104,84		40	112,76
	50	110,35		45	114,50
	60	112,70		50	116,23
				60	119,74
KO, NO_5	5	101,98		70	123,34
				80	126,95
				90	130,62
				100	134,32

Die drei folgenden Tabellen werden geeignet seyn, die Contractionen, welche die Mischung verschiedener Concentrationsgrade zweier Salzlösungen begleiten, in übersicht-

licher Weise darzustellen. Alle drei haben genau dieselbe Einrichtung. In der ersten horizontalen Colonne ist bezeichnet die in 100 Gewichtstheilen Wasser gelöste Atomenmenge des einen Salzes, in der ersten verticalen Colonne dagegen die in ebenfalls 100 Gewichtstheilen Wasser gelöste Atomenmenge des anderen Salzes. Der Grad der Contraction, welcher die Mischung zweier solcher Lösungen begleitet, ist da angegeben, wo die betreffenden horizontalen und verticalen Colonnen sich decken und zwar in *zehntausendtel* des ursprünglichen Volums. Eine jede Contraction, die ich unter 0,0001 des ursprünglichen Volums fand, ist in den Tabellen durch 0, eine etwaige Expansion durch — bezeichnet.

Tabelle X.

Atome Na Cl in 100 Wasser gelöst.

Atome KO, NO_5 in 100 Wasser gelöst.	0	10	20	30	40	50	60
0	0	5	10	15	23	32	42
10	3	2	5	7	12	18	26
20	6	3		3	5	5	15

Tabelle XI.

Atome Na Cl in 100 Wasser gelöst.

Atome K Cl in 100 Wasser gelöst	0	10	20	30	40	50	60
0	0	5	10	15	23	32	42
10	5	4	6	6	13	17	24
20	7	3	6	3	7	10	14
30	12	6	7	4	5	6	
40	21	10	11		6	4	

Tabelle XII.

Atome Na Cl in 100 Wasser gelöst.

Atome NaO, NO_5 in 100 Wasser gelöst.

	0	10	20	30	40	50	60
0	0	5	10	15	23	32	42
10	8	2	0	3	11	15	22
20	16	3	−2	0	5	6	11
30	17	10	−2	−1	1	1	4
40	23	20	−1	−1	0	−2	0
50	31		3	1	1	−2	−1
60	43		10	2	5	−2	−3
70	55		21	6	5	2	−3
80	63		31	11	5		−1
90				18	7		4
100				26	9		

Dafs die Zahlen der drei vorstehenden Tabellen von einer Mittellinie aus nach allen Richtungen hin stetig gröfser werden und zwar nach oben und unten, nach rechts und links und endlich senkrecht zur Mittellinie, ist eine Thatsache, welcher nur wenige vereinzelte Fälle zu widersprechen scheinen. Eine vierte und letzte Richtung kommt endlich noch zur Sprache, die nämlich parallel mit der Mittellinie ist. In den Zahlen dieser Linien wird man, so lange sie der Mittellinie nahe sind, keine besondere Regelmäfsigkeit bemerken, wohl aber in einiger Entfernung von derselben, wo sie nämlich beständig von links nach rechts abnehmen.

Wenn man erwägt, dafs die einzelnen Zahlen der Tabellen nur nach langer Procedur gewonen werden konnten, dafs nämlich die verschiedenen Salze zuerst einzeln abgewogen, darauf vermischt und gelöst, der Gehalt der Lö-

sungen an festem Salze wieder bestimmt, die Resultate darauf interpolirt, die Interpolationswerthe wieder interpolirt und endlich diese Werthe mit dem ursprünglichen Volum verglichen werden mufsten, so wird man wohl zugeben, dafs eine Anhäufung so vieler möglicher Fehlerquellen gar leicht Unterschiede verdecken kann, die überhaupt, wie in der Nähe der Mittellinie, nur sehr gering sind. Man wird daher wohl nicht zu weit gehen, wenn man Regelmäfsigkeiten, die dort durchgängig beobachtet wurden, wo die Gröfse der Contraction die der möglichen Fehlerquellen weit hinter sich läfst, auch da annimmt, wo man sie mit den bisher versuchten Mitteln nicht bestätigen aber auch nicht widerlegen konnte; zumal wenn in beiden Fällen genau dieselben Verhältnisse obwalten. Mit Rücksicht darauf glaube ich die Zahlen der vorstehenden drei Tabellen in folgenden allgemeinen Sätzen wiedergeben zu können:

Wenn die Lösungen zweier Salze, die sich durch doppelte Wahlverwandtschaft nicht zersetzen, miteinander vermischt werden, so findet ein Minimum der Contraction statt, wenn die Concentrationsgrade genau gleich sind, d. h. wenn die Anzahl gelöster Salzatome in beiden Lösungen dieselbe ist; sobald indefs der Concentrationsgrad beider Lösungen ein verschiedener wird, wird auch die Contraction gröfser und zwar in dem Maafse als der Concentrationsunterschied gröfser wird; bleibt ferner irgend ein Concentrationsunterschied derselbe, indem der Concentrationsgrad beider Lösungen gleichmäfsig zunimmt, so nimmt die Contraction stetig ab.

Dafs eine bei grofsem Concentrationsunterschiede deutlich ausgesprochene Contraction in eine Expansion übergehe, wenn der Concentrationsunterschied allmählich auf Null herabsinkt, ist wohl nicht leicht anzunehmen, wenigstens können die in Tabelle XII angeführten Expansionen keineswegs zu dieser Annahme nöthigen, da sie alle sehr gering und mit vollem Rechte wohl nur den Beobachtungsfehlern zuzuschreiben sind.

Vergleicht man nun die drei möglichen Contractionen

miteinander und zwar für den speciellen Fall, dafs der Concentrationsunterschied beider Salzlösungen immer Null ist, so würde die erste Contraction, für sich beobachtet, mit dem wachsenden Concentrationsgrade zunehmen. Wenn z. B. x Atome KCl und x Atome NaO, NO_5 sich zersetzen, so ist die Contraction immer dieselbe, so lange sie in Bruchtheilen des ursprünglichen Volums der sich zersetzenden Atome ausgedrückt wird, gleichgültig welchen Werth man dem x beilegt. Sobald indefs die Contraction ausgedrückt wird in Bruchtheilen des um eine constante Gröfse [1]) vermehrten ursprünglichen Volums, wird sie natürlich gröfser, je gröfser der Werth von x ist.

Auch die summirte erste und zweite Contraction nimmt in gleicher Weise zu, soweit wenigstens die Zahlen der Tabelle VI urtheilen lassen. Auch dieser Vergleich läfst also über die Art der zweiten Contraction nichts Bestimmtes entscheiden.

Die dritte Contraction endlich nimmt im Gegensatz gegen die summirte erste und zweite ab mit dem wachsenden Concentrationsgrade. Sie kann daher schon bei einiger Concentration, mit der summirten ersten und zweiten verglichen, verschwindend klein werden.

Von den Salzlösungen, aus deren Mischung bei der Versuchstemperatur ein Doppelsalz herauskrystallisirt, wurden untersucht das neutrale weinsaure Kali und das entsprechende Natronsalz. Der Gehalt der wäfsrigen Lösungen an wasserfreiem Salze wurde bestimmt durch blofses Abdampfen, Verkohlen und Glühen des Rückstandes. Ich habe nicht bemerken können, dafs die Platinschale, in welcher die Salze geglüht wurden, im mindesten angegriffen worden wäre; sie war nach wie vor gleich schwer. Auch wird man finden, dafs die in dieser Weise erhaltenen Curven der specifischen Gewichte und der Volumina, sowohl was Gestalt als auch was relative Lage anbetrifft, allem dem entspre-
n, was früher sich als Regel herausgestellt hatte.

[1]) Volum des lösenden Wassers.

Die Resultate, welche ich erhielt, sind in der Tabelle XIII zusammengestellt.

Tabelle XIII.

Colonne *A* enthält das chemische Zeichen des gelösten Salzes,

B das beobachtete specifische Gewicht der luftfreien Lösung bei 19°,5 C., das des luftfreien Wassers bei derselben Temperatur als Einheit gesetzt,

C die Gewichtstheile,

D die Atome des gelösten wasserfreien Salzes; das lösende Wasser ist bei den einfachen Salzen als 100, bei dem Doppelsalze als 200 angenommen,

E das relative Volum der Lösung, das des lösenden Wassers als 100 resp. 200 genommen.

A	*B*	*C*	*D*	*E*
$KO, C_4H_2O_5$	1,1198	21,03	18,58	108,08
	1,2299	45,76	40,42	118,51
	1,3355	76,75	67,80	132,35
	1,4194	108,64	95,97	146,99
	1,5051	152,10	134,36	167,50
$NaO, C_4H_2O_5$	1,0587	8,92	9,20	102,88
	1,1136	18,32	18,88	106,25
	1,1669	28,59	29,48	110,20
	1,2199	40,07	41,31	114,82
	1,2636	50,77	52,34	119,32
$KO, C_4H_2O_5$	1,0674	21,48	10,22	207,49
+	1,1228	41,56	19,77	215,15
$NaO, C_4H_2O_5$	1,1840	66,66	31,71	225,22
	1,2410	93,56	44,51	236,55
	1,2948	122,62	58,34	249,16

Die aus den vorstehenden Beobachtungen abgeleiteten Interpolationswerthe sind in Tabelle XIV angeführt, deren Einrichtung genau die der Tabelle V ist.

Tabelle XIV.

A	*B*	*C*	*A*	*B*	*C*
KO, $C_4H_2O_5$	5	102,02	NaO, $C_4H_2O_5$	5	101,50
	10	104,20		10	103,15
	15	106,40		15	104,86
	20	108,69		20	106,65
	25	110,98		25	108,55
	30	113,28		30	110,42
	40	118,30		40	114,33
	50	123,25		50	118,40
	60	128,32			
	70	133,48	KO, $C_4H_2O_5$	10	207,32
	80	138,60	+	20	215,27
	90	143,80	NaO, $C_4H_2O_5$	30	223,68
	100	149,10		40	232,48
	110	154,42		50	241,53
	120	159,80			
	130	165,18			

Um nun zunächst zu entscheiden, ob der Lauf jeder einzelnen Curve dem entspricht, was früher als Regel sich ergab, mögen hier die Contractionen folgen, welche die Vermischung verschiedener Concentrationsgrade ein und derselben Salzlösung begleiten. Es ist die nachfolgende Tabelle XV eine Fortsetzung der Tabelle IV [1]), daher ich, um Wiederholungen zu vermeiden, auf letztere verweise.

Tabelle XV.

KO, $C_4H_2O_5$

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
20	42[2])									
30	77	39								
40	84	45	17							
50	104	60	32	11						
60	122	77	45	17	10					
70	—	90	57	28	22	3				
80	—	—	—	45	32	17	8			
90	—	—	—	—	—	29	18	10		
100	—	—	—	—	—	—	—	15	7	
110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5

1) Pogg. Ann. Bd. 96, S. 53.

2) Zehntausendtel des ursprünglichen Volums.

$NaO, C_4H_2O_5$				$KO, C_4H_2O_5 + NaO, C_4H_2O_5$				
0	10	20	30		0	10	20	30
10 16				10	15			
20 48	13			20	45	11		
30 —	32	7		30	—	33	9	
40 —	—	—	7	40	—	—	—	5

Die Curven der beiden letzteren Salzlösungen entsprechen also dem, was früher als Regel sich ergab, vollständig, die des ersten Salzes dagegen weicht hin und wieder davon ab. Solche Abweichungen sind wohl erklärlich, da diese Curve bei fast dreifacher Länge auch nur durch 5 Punkte wie die beiden anderen bestimmt wurde. Dafs ferner die Curven der specifischen Gewichte auch wieder die relative Lage zueinander einnehmen, wie sie früher für entsprechende Kali- und Natronsalze überhaupt sich ergab, dafs nämlich die des Kalisalzes über der des Natronsalzes liegt, davon kann schon eine blofse Ansicht der Tabelle XIII überzeugen.

Nachdem so die einzelnen Lösungen so viel als nöthig untersucht, mögen hier auch noch die Contractionen folgen, welche die Vermischung beider begleiten. Man findet diese in der Tabelle XVI zusammengestellt, deren Einrichtung genau die der Tabellen X, XI und XII ist.

Tabelle XVI.

Atome $KO, C_4H_2O_5$ in 100 Wasser gelöst.

Atome $NaO, C_4H_2O_5$ in 100 Wasser gelöst.	0	10	20	30	40	50
0	0	8	14	20	42	58
10	7	1				
20	16		3			
30	33			2		
40	48				6	
50	60					5

Die Contractionen, welche die Mischung gleicher Concentrationsgrade begleiten, sind also auch in dem vorliegenden Falle so gering, wie sie es waren bei der Vermischung von Salzlösungen, deren einzelne Salze gesondert krystallisiren. Einen weitern Schluſs glaube ich aus den Zahlen der Mittellinie nicht ziehen zu können. Dagegen scheint mir die Annahme nicht ungegründet zu seyn, daſs die Tabelle XVI, weiter ausgeführt, dieselben Regelmäſsigkeiten in der Aufeinanderfolge der Zahlen darbieten würde, welche in den drei anderen Tabellen X, XI und XII deutlich ausgesprochen sind.

Daſs die chemische Verbindung von Aenderungen des Volums und oft von sehr bedeutenden begleitet wird, ist eine so häufig beobachtete Thatsache, daſs man auch wohl in dem vorliegenden Falle sie vermuthen kann. Wäre dieselbe auch nur + oder —0,01 des ursprünglichen Volums, so würde sie bei 50 Atomen des gelösten Doppelsalzes, auf das Volum der Lösung bezogen, wenigstens + oder —0,0020 derselben betragen. Es ist daher wohl Grund zu der Annahme vorhanden, daſs die Verbindung der beiden einzelnen Salze zu dem Doppelsalze nicht in der Lösung, sondern erst im Augenblicke der Krystallisation vor sich geht, wogegen andererseits die Zersetzung durch doppelte Wahlverwandtschaft schon in der Lösung stattfindet, wie dieſs weiter oben gezeigt wurde.

In sofern zwischen den einzelnen Componenten der einfacheren Salze mächtigere Verwandtschaften auftreten, als zwischen letzteren selbst, wird es gewiſs nicht unlohnend seyn, die hier bloſs für einzelne Salze durchgeführte Untersuchung auch auf deren Componenten auszudehnen.

IV. *Relation zwischen der Wärme-Capacität, Temperatur und Dichtigkeit der Gase, in soweit sie dem Mariotte'schen Gesetz unterworfen sind; Anwendung dieser Relation auf die Schichten der atmosphärischen Luft und auf barometrische Höhenmessung so wie Bestimmung der mittleren Höhen der Atmosphäre; von v. Seydlitz,*

Hauptmann vom 8ten (Leib-) Infanterie-Regiment zu Königsberg i. d. Neumark.

Bezeichnet man die Wärme-Capacität eines dem Mariotte'schen Gesetz unterworfenen Gases bei constantem Druck mit C und die Wärme-Capacität bei constantem Volumen mit C_1, so hat man bekanntlich:

$$\frac{C}{C_1} = \varphi = 1 + \frac{\gamma_1}{\gamma_1 - \gamma} \frac{t_1 - t}{t} \quad \ldots \ldots \quad (1)$$

wenn γ_1 und t_1 Dichtigkeit und Temperatur bei constantem Volumen, γ und t Dichtigkeit und entsprechende Temperatur bei constantem Druck für dieselbe Wärmemenge vorstellen. In Bezug auf die Luft bezeichnen t_1 und t die Anzahl der Grade eines Lufthermometers, und möge dasselbe ein solches seyn, welches zwischen dem Thaupunkt und dem Siedepunkt in 100 Grade getheilt ist, und bei welchem der Thaupunkt der Gradzahl 273 entspricht, so dafs der Ausdehnungscoëfficient der Luft für einen Grad nahezu 0,003665 angenommen wird. Ueberhaupt wird sich die Betrachtung auf die Luft als den Repräsentanten der Gase fixiren.

Den Werth φ hat man bei kleinen Druckunterschieden für jede mittlere Temperatur zwischen t_1 und t als constant angenommen und ihn unter dieser Annahme aus dem Verhältnifs der aus der Newton'schen Formel abgeleiteten Schallgeschwindigkeit in der Luft zu der beobachteten bestimmt.

Man ersieht aber aus der Gleichung (1), dafs, wenn man γ_1 und t_1 als gegeben betrachtet, der Werth φ mit

der Abnahme von t wächst und sich überhaupt durch t bestimmt, sobald auch γ gegeben ist, oder umgekehrt. Die Relation zwischen γ und t zu finden und demnächst eine zweite Gleichung zwischen φ und den übrigen eingeführten Gröfsen aufzustellen, ist Hauptzweck dieser Betrachtung. Der Druck der Luft auf eine Fläche ist proportional ihrer Dichtigkeit und ihrer Temperatur, und man hat allgemein für die Flächeneinheit:

$$p_0 = a\gamma_0 t_0 \quad \ldots \quad (2)$$

wo a eine durch die Beobachtung zu bestimmende Constante.

Man mufs nun p_0 gleich dem Gewichte als die Wirkung einer der Schwere gleichartigen Kraft ansehen, welche jedem Luftatom innewohnt. Diese Kraft möge Expansivkraft heifsen und mit e bezeichnet werden. Man hat dann offenbar

$$e = at_0 \quad \ldots \quad (3).$$

Es sey W die Wärmemenge, welche in der Massen-Einheit der Luft von der Dichtigkeit $=1$ befindlich, so ist W als die Ursache oder die Kraft von t_0 und gleichzeitig von e anzusehen.

Wenn aber eine Kraft zwei Wirkungen gleichzeitig hervorbringt, dergestalt, dafs das Verschwinden einer Wirkung auch das Verschwinden der Kraft voraussetzt, so ist die Kraft als dem Product der beiden Wirkungen proportional anzusehen. In der Regel werden alsdann die beiden Wirkungen einander proportional seyn.

Es bringe die Kraft K die beiden Wirkungen A und B gleichzeitig hervor, so hat man

$$K = n(A.B); \quad 2K = 2n(A.B).$$

Es müfsten nun besondere Umstände obwalten, wenn das Wachsen von K auf $2K$ vorzugsweise oder gar ausschliefslich nur der einen Wirkung zu gut käme; im Allgemeinen wird man daher nicht haben:

$$2K = n(2A.B), \text{ sondern } 2K = n(A\sqrt{2}.B\sqrt{2}).$$

Man hat also für die Luftmasse $=1$ von der Dichtigkeit $=1$:

$$W = net_0 = nat_0 t_0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

wo n eine beliebige Constante.

Denkt man sich nun zwei gleiche Luftmassen mit gleicher Wärmemenge W, die eine von der Dichtigkeit γ_1, die andere von der Dichtigkeit γ, und in jede eine kleine Glaskugel gebracht, von gleichem Hohlraum und mit Luft von gleicher Dichtigkeit ε gefüllt, deren Wärmemengen verschwindend klein gegeu W seyn mögen, so wird in Bezug auf Wärmemittheilung zwischen der Luft in den Glaskugeln und der umgebenden Luft Gleichgewicht herrschen, *sobald in den Glaskugeln so viel Wärme befindlich ist als in einem gleich grofsen Raum der umgebenden Luft*, denn das Wärmegleichgewicht dieser Luft beruht darauf, dafs in gleichen Räumen gleich viel Wärme ist. Jedes Atom der Luft in den Glaskugeln wird daher alsdann mit einer Wärme behaftet seyn respective $\frac{w\gamma_1}{\varepsilon}$ und $\frac{w\gamma}{\varepsilon}$, wenn w die Wärme ist, welche jedes Atom der umgebenden Luft besitzt.

Die Wärmemengen in den Glaskugeln verhalten sich also beim Gleichgewicht wie die Dichtigkeiten der umgebenden Luftmassen. Da aber diese Wärmemengen zwei Wirkungen gleichzeitig hervorzubringen haben, welche einander proportional sind, Druck und Temperatur, so werden die Temperaturen in den Glaskugeln sich verhalten wie $\sqrt{\gamma_1} : \sqrt{\gamma}$, und diefs müssen wegen des Wärmegleichgewichts auch die Temperaturen der umgebenden Luftmassen seyn.

Die Temperaturen gleicher Luftmassen mit gleichen Wärmemengen verhalten sich also wie die Quadratwurzeln der Dichtigkeiten, und bei gleichen Temperaturen verhalten sich die Wärmemengen umgekehrt wie die Dichtigkeiten.

Drückt man diese Sätze durch Gleichungen aus, so hat man für die Massen-Einheit:

$$W = \frac{nat_0}{\gamma_0} t_0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

und für gleiche Luftmassen mit gleicher Wärmemenge:

$$\frac{t_1^2}{\gamma} = \frac{t_1^2}{\gamma_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6).$$

Die Verbindung der beiden Gleichungen (1) und (6) giebt:

$$\varphi = \frac{t_1^3 - t^3}{t_1^3 t - t^3} \quad \ldots \quad (7).$$

Da nach Gleichung (5) $\frac{n a t_0}{\gamma_0}$ die Wärme-Capacität der Luft von der Temperatur t_0 und der Dichtigkeit γ_0 ist, so könnte man die bisherige Unterscheidung zwischen einer Capacität bei constantem Volumen und einer Capacität bei constantem Druck fallen lassen und allgemein sagen:

Die Wärme-Capacität eines dem Mariotte'schen Gesetz unterworfenen Gases steht im geraden Verhältnifs zur Temperatur und im umgekehrten zur Dichtigkeit, woraus als besondere Sätze folgen:

1) Bei constantem Volumen verhalten sich die Wärme-Capacitäten wie die Temperaturen.
2) Bei constantem Druck wie die Quadrate der Dichtigkeiten umgekehrt.

Die Newton'sche Formel für die Schallgeschwindigkeit in der Luft ist bekanntlich unter Anwendung der hier gewählten Bezeichnung der Temperatur:

$$\gamma_1^2 = \frac{g m h}{\Delta . 273} t$$

unter g die Schwere und unter $\frac{m}{\Delta}$ das Verhältnifs des specifischen Gewichts der Luft zum specifischen Gewicht des Quecksilbers beim Barometerstand h und bei der Thautemperatur verstanden.

Aus Gleichung (2) ersieht man, dafs

$$\frac{g m h}{\Delta . 273} = a$$

und somit

$$\gamma_1^2 = a t$$

also auch

$$\gamma_1^2 = \frac{a t (\gamma_1 - \gamma)}{\gamma_1 - \gamma} \quad \ldots \quad (8)$$

wobei unter γ die Dichtigkeit der atmosphärischen Luft im Gleichgewicht und unter γ_1 die Dichtigkeit der durch den Schall verdichteten Luft verstanden werden kann.

Fände keine Temperatur-Erhöhung durch die Verdichtung statt, so wäre der Zähler der zweiten Seite dieser Gleichung der Unterschied zwischen dem Druck der verdichteten Luft und ihrem Druck im Gleichgewicht, und weil dieser Unterschied überhaupt die Ursache der Fortpflanzung des Schalles ist, so wird man, wenn durch die Verdichtung die Temperatur zu t_1 sich erhöht, nothwendig zu dem Schlusse geführt:

$$\gamma^2 = \frac{a(\gamma_1 t_1 - \gamma t)}{\gamma_1 - \gamma} \quad \ldots \quad (9)$$

unter γ die auf diese Weise modificirte Schallgeschwindigkeit verstanden. Setzt man

$$\varphi_1 \gamma_1^2 = \gamma^2,$$

so giebt die Verbindung der beiden Gleichungen (8) und (9):

$$\varphi_1 = \frac{\gamma_1 t_1 - \gamma t}{(\gamma_1 - \gamma) t}$$

und wenn man aus Gleichung (6) den Werth von γ setzt:

$$\varphi_1 = \frac{t_1^3 - t^3}{t_1^2 t - t^3}$$

also zufolge der Gleichung (7):

$$\varphi_1 = \varphi.$$

Ist γ aus der Erfahrung bekannt, so findet man sonach durch Gleichung (7) die Temperatur-Erhöhung $t_1 - t$, welche bei der Fortpflanzung des Schalles mitgewirkt hat. Auch wäre es begründet, anzunehmen, dafs die Geschwindigkeit des Schalles mit seiner Intensität wächst, und wenn die Erfahrung dem widerspricht, so ist der Grund darin zu suchen, dafs mit der Temperatur-Erhöhung auch der Temperatur-Verlust durch Contact und Ausstrahlung in kürzerer Zeit erfolgt, und deshalb die bei der Fortpflanzung des Schalles mitwirkende Temperatur-Erhöhung nahezu constant bleibt.

Vergleichen wir das Resultat des bekannten, von Désormes und Clément ausgeführten Experiments, welches

Poisson in dem *Traité de mécanique Tome II. No.* 635 mittheilt, mit dem theoretischen Resultat der Gleichung (6):

$$t_1 = t\sqrt{\frac{\gamma_1}{\gamma}}.$$

Der Druck p der äufseren Luft betrug $0^m,7665$, der Druck p_1 der verdünnten Luft bei gleicher Temperatur mit der äufseren $0^m,7527$, der Druck p_2 der durch Zuströmen von äufserer Luft bis zum Druck p verdichteten und erwärmten Luft, nachdem sie die äufsere Temperatur wieder angenommen, $0^m,7629$.

Die Temperatur der äufseren Luft war $12^\circ,5$ nach dem 100theiligen Quecksilberthermometer. Die Temperatur-Erhöhung, welche nach dem Zuströmen von äufserer Luft den Druck p erzeugte, berechnet sich

$$w = 1^\circ,3379$$

wenn man statt des von Poisson angenommenen Ausdehnungscoëfficienten 0,00375 den genaueren 0,003665 einführt.

Die verdünnte Luft von der Masse 7527 und der Dichtigkeit 7527 ist zwar durch die hinzugeströmte Masse 102 auf die Dichtigkeit 7629 gebracht worden, aber ihre Drucktemperatur ist, auch abgesehen von dem Verlust an die Gefäfswände bis zur Vollendung des (x) eine halbe Secunde gedauerten Einströmens, eine höhere gewesen als $t+w$, denn die Drucktemperatur t_1 und die Temperatur t der eingeströmten Luft haben sich zu $t+w$ ausgeglichen.

Man hat:

$$t_1 - x = t + w$$

und

$$x : w = 102 : 7527$$

also

$$x = 0^\circ,0018.$$

Bezeichnet man der Genauigkeit halber den Thaupunkt mit $272^\circ,85$, so ist das Resultat des Experiments:

$$t_1 = t + w + x = 286^\circ,8897.$$

Die Gleichung (6) giebt:

$$t_1 = 285^\circ,35\sqrt{\frac{7629}{7527}} = 287^\circ,2769,$$

Differenz $0^{0},3872$, welche sehr wohl als Wärme-Verlust an die Gefäfswände während der halben Secunde angenommen werden kann. Diese Differenz wird übrigens, genau genommen, noch kleiner, wenn man berücksichtigt, dafs die eingeströmte Luft sich von 7665 auf 7629 verdünnt hat, also ihre Temperatur t sich erniedrigt haben mufste, wodurch x etwas gröfser wird [1]).

1) Nach der hier entwickelten Theorie giebt die Proportion: $x : w = 102 : 7527$ eigentlich nicht für die Temperatur-Ausgleichung, sondern nur für die Wärme-Ausgleichung; doch kann man sie bei kleinen Temperatur- und grofsen Massen-Unterschieden als sehr nahezu gelten lassen. Nach dieser Theorie hat man nach Abrechnung des Temperatur-Verlustes an die Gefäfswände die beiden Gleichungen:

$$\sqrt{\frac{7527\,t_1^2 + 102\,t_2^2}{7527 + 102}} = t + w \quad \text{und}$$

$$t_2 = t\sqrt{\frac{7629}{7665}}.$$

Man habe z. B. zwei gleiche Luftmassen von gleicher Dichtigkeit, die eine von der Temperatur 100^0 centes., die andere von 0^0, so werden diese Temperaturen, von allem Wärmeverlust abstrahirt, sich nicht auf 50^0 ausgleichen, denn das setzte dieser Theorie zuwider voraus, dafs die beiden Luftmassen gleiche Wärme-Capacität hätten; die aus der Wärme-Ausgleichung resultirende Temperatur wird vielmehr seyn:

$$\sqrt{\frac{273^2 + 373^2}{2}} = 53^0,8 \text{ centes.}$$

Es wäre wünschenswerth, wenn dieses Resultat und somit auch diese ganze Theorie durch nachstehendes Experiment auf die Probe gestellt würde, das sich gewifs in jedem physikalischen Cabinet ohne sonderliche Schwierigkeit wird ausführen lassen: Man nehme zwei ganz gleiche Gefäfse, wo möglich Kugeln, mit Oeffnungen oben. Diese Oeffnungen schliefse man auf dieselbe Weise luftdicht und fest. In den Verschlufsmitteln seyen Thermometer dergestalt angebracht, dafs ihre Kugeln bis in die Mitte der Gefäfse hinein- und ihre Gradtheilungen von mindestens 0^0 ab aus den Gefäfsen herausragen. Das eine Gefäfs halte man ganz in Wasser von 100^0, das andere ganz in Wasser von 0^0. Wenn die erwähnten Thermometer diese Temperaturen anzeigen, so verwechsele man so rasch als möglich die beiden Gefäfse. Der nun stattfindende Vorgang mufs ganz analog seyn mit dem Vorgang bei folgendem Experiment: Es seyen zwei Cylinder mit gleichem Quersehnitt und gleichen Ausflufsöffnungen. In dem einen sey Wasser 9″ hoch (über der Ausflufsöffnung), bestimmt, in ein Gefäfs zu fliefsen mit 3″ constanter Was-

Nachdem somit die Gleichung (6) eine Probe bestanden, möge sie auf die Schichten der Atmosphäre angewendet werden.

Ist x die Höhe einer Schicht über dem Niveau des Meeres, p ihr Druck, γ ihre Dichtigkeit und g die Schwere in dieser Höhe, so hat man bekanntlich:

$$dp = -\gamma g dx.$$

Setzt man den Werth von γ aus Gleichung (6) und berücksichtigt auch Gleichung (2), so erhält man:

$$3adt = -gdx \quad \ldots \quad (10).$$

Ist k die Erdattraction im Niveau des Meeres, c die nach der Richtung der Schwere zerlegte Centrifugalkraft eben daselbst und r der Erdradius, so hat man sehr nahezu:

$$g = \frac{kr^2}{(r+x)^2} - \frac{cx}{r} - c \quad \ldots \quad (11)$$

und die Integration der Gleichung (10) giebt, wenn für $x=0$ $t=t_1$ werden soll:

$$3a(t_1 - t) = f(x) = kr - \frac{kr^2}{r+x} - \frac{cx^2}{2r} - cx \quad \ldots \quad (12)$$

und so lange man g als constant betrachten kann, so wie unter Einführung von

$$3a = \frac{3mh}{A.273} g_1 = \frac{3 . 10466{,}8 . 0^m{,}76}{273} g_1 = 87^m{,}415 g_1 \text{ [1]},$$

$$87^m{,}415(t_1 - t) = x \quad \ldots \quad (13).$$

Die Temperatur nimmt also für jede $87^m{,}415$ Höhe nahezu gleichmäfsig einen Grad ab.

Erhebt sich aber die Temperatur t_1 bedeutend über die

serhöhe; in dem anderen sey Wasser 3″ hoch, und es soll Wasser einfliefsen aus einem Gefäfs mit 9″ constanter Wasserhöhe. Beginnen die Bewegungen gleichzeitig, so fliefsen in gleichen Zeiten gleiche Wassermengen aus und ein. Ebenso fliefsen nach Verwechselung der beiden Luftgefäfse gleiche Wärmemengen aus und ein, und die Temperatur 53°,8 mufs in beiden Gefäfsen auf denselben Moment fallen.

1) Die Gröfse $87^m{,}415$ ist, strenge genommen, noch mit dem Factor $\frac{g_0}{g_1}$ zu multipliciren, wenn g_0 die Schwere des Ortes ist (Paris), wo die Gröfse 10466,8 beobachtet worden.

mittlere jährliche Temperatur des Ortes, welche die Gleichgewichtstemperatur oder, wie sie hier genannt werden möge, die Drucktemperatur für die ganze Höhe der Atmosphäre seyn wird, so ist das Gleichgewicht nicht vorhanden. Die über die Drucktemperatur erwärmte untere Luft dehnt sich aus, wird leichter als die höhere und steigt, während die höhere heruntersinkt. Es entsteht ein aufsteigender Strom, der immer langsamer und zuletzt unmerklich wird. Aber auch die Strömung unten wird langsamer, je mehr sich die Temperatur der unteren Luftschicht der des Bodens nähert. Ist unten die Bodentemperatur erreicht, so kann man sich bald nachher die Atmosphäre in zwei Theile getheilt denken, die untere durch die hinzu gekommene Wärme drucktemperaturmäfsig durchgewärmt, die obere noch gar nicht davon betroffen, und man kann gegen die Theilschicht hin die beiden Temperatur-Curven der unteren und der oberen Atmosphäre allmählich in einander übergehen lassen. Man hat alsdann für die untere Atmosphäre die Gleichung:

$$3adt = -g\frac{dx}{n}$$

wenn die Höhe der unteren Atmosphäre $\frac{1}{n}$ der ganzen Höhe ist.

Setzt man $n = 2$, so findet man eine Höhe von $174^m,8$ für jeden Grad Temperatur-Abnahme. Diese Temperatur-Abnahme hat bekanntlich Gay-Lussac bei seiner Luftfahrt gefunden, bei der er eine Höhe von 7000 Metern erreicht hat. Die untere Temperatur betrug nahe 30° centes., oben fand er $-10°$. Die mittlere Temperatur von Paris ist ungefähr $10°,8$.

Sinkt dagegen die Bodentemperatur unter die mittlere jährliche Temperatur, so verlieren nach und nach die unteren Luftschichten einen Theil ihrer Drucktemperatur. Die durch den Druck veranlafsten Temperatur-Unterschiede werden kleiner, und die Temperatur-Curve wird im Winter noch flacher seyn als im Sommer.

Die mittlere jährliche Temperatur im Niveau des Meeres

wird durch die Gleichung (12) die mittlere Höhe der Atmosphäre bestimmen, um welche ihre Gränze bei ihrem Emporschnellen und wieder Zusammenziehen, bei ihrem Strömen vom Aequator nach den Polen und von den Polen nach dem Aequator, so wie bei ihren Ebben und Fluthen oscillirt. Diese mittleren Höhen werden auch der Gleichgewichtsgestalt der mit der Erde rotirenden Luftmasse entsprechen. Die mittlere Temperatur eines hoch über dem Meeres-Niveau liegenden Ortes wird aber nicht die Drucktemperatur dieser Höhe seyn, weil die Bodenwärme eine höhere Temperatur erzeugt, doch wird die Temperatur-Erhöhung keinen verhältnifsmäfsig bedeutendeu Einfluſs auf den corrigirten Barometerstand ausüben.

Man hat durch die Gleichungen (6) und (12):

$$t = t_1 \sqrt[3]{\frac{p}{p_1}} = t_1 \sqrt[3]{\frac{h}{h_1}}$$

h und h_1 die entsprechenden Barometerstände, auf gleiches specifisches Gewicht des Quecksilbers reducirt.

Diesen Werth von t in Gleichung (12) eingeführt, giebt:

$$87^m,415\, g_1 t_1 \left(1 - \sqrt[3]{\frac{h}{h_1}}\right) = f(x) \quad \ldots \quad (14)$$

und so lange man die Schwere als constant ansehen kann:

$$87^m,415\, t_1 \left(1 - \sqrt[3]{\frac{h}{h_1}}\right) = x \quad \ldots \quad (15).$$

Könnte die Luft nicht seitlich abfliefsen, so müfsten sich im Sommer ebenfalls die Barometerstände der unteren Atmosphäre nahezu bestimmen, wenn man $\frac{x}{n}$ statt x setzt. *Die Spannung der unteren Atmosphäre wäre gröfser als dem Druck der oberen entspricht.* Es sey Luft in einem Cylinder durch einen luftdicht schliefsenden Stempel eingeschlossen, dessen Gewicht incl. Reibung ein Pfd. betrage. Wird die Luft im Cylinder erwärmt, so geht der Stempel in die Höhe, aber während dieser Bewegung und nament-

lich in dem Zeitmoment, der zwischen dem Bestehen der Ursache und dem Beginn der Bewegung als Wirkung liegt, ist die Spannung der Luft eine gröfsere als eine Atmosphäre + ein Pfd.

Durch seitliches Abfliefsen erledigt sich die untere Atmosphäre der überschüssigen Spannung, welche die höhere Temperatur erzeugt, und die Abnahme der corrigirten Barometerstände wird mit der Temperatur viel weniger variiren, als die Temperatur-Abnahme. Poisson giebt in dem angeführten Werke, *Tome II. No.* 629, die barometrische Messung der Höhe von Guanaxuato, einer Bergstadt in Mexico, als Beispiel.

Die (mittlere?) Lufttemperatur im Niveau des Meeres war 25°,3 centes., die Temperatur der Stadt 21°,3. Der Barometerstand unten betrug $0^m,76315$, der beobachtete obere $0^m,60095$, und auf die untere Temperatur reducirt $0^m,60138$, die Breite 21° nördlich.

Nimmt man mit Poisson auf den Dampfgehalt der Atmosphäre dadurch Rücksicht, dafs man den Ausdehnungscoëfficienten auf 0,004 erhöht, führt man den oberen Barometerstand h durch Multiplication mit $\frac{g}{g_1}$ auf die Schwere unten zurück, und setzt man mit Rücksicht auf die Continental-Attraction nach Poisson:

$$\frac{g}{g_1} = \frac{r^2}{(r+x)^2} + \frac{3x}{4r} = 0{,}9996073$$

indem man x von vorn herein $= 2000^m$ annimmt und r mit $\frac{20}{\pi}$ Millionen Metern einführt, so erhält man, die Schwere in den Luftschichten als constant angesehen, nach Gleichung (15):

$$87^m,415 \cdot \frac{273}{250} \cdot 275{,}3 \left(1 - \sqrt[3]{\frac{0{,}60138 \cdot 0{,}9996073}{0{,}76315}}\right) = x$$

und man findet:

$$x = 2009^m,3$$

Poisson erhält: $2081^m,96$.

Die Berücksichtigung der Abnahme der Schwere in den Luftschichten erhöht das hier gefundene Resultat noch ein wenig, desgleichen die Multiplication von $87^m,415$ mit $\frac{g_0}{g_1}$, wo g_0 die Schwere von Paris.

Es ist mir unbekannt, ob man noch eine andere Bestimmung der Höhe von Guanaxuato hat als die, mit welcher Poisson sein Resultat vergleicht. Zimmermann giebt in den Wundern der Urwelt die Höhe dieser Stadt auf 6420 Fufs an, und es ist zu vermuthen, dafs darunter rheinländische Fufs verstanden sind, weil vielfache andere Höhenangaben sich unzweifelhaft auf dieses Maafs beziehen.

Setzt man in Gleichung (12) $t=0$, so ergiebt sich dafür ein bestimmter, von t_1 abhängiger Werth von x, weit unter der Höhe, wo die Schwere $=0$. Für $t=0$ hat man aber nach Gleichung (6) auch $\gamma=0$.

Im Falle also die Expansivkraft e der Luft eine Kraft von so eigenthümlichem Wesen wäre, dafs sie neben der Schwere bestände, ohne dafs ihre Wirkung durch die letztere aufgehoben werden könnte, würde dennoch die Luft gegen eine gewisse Höhe hin verschwinden, gerade so, wie ein Ton abklingt. Es ist indessen allem Vermuthen nach die Gränze der Atmosphäre da, wo $e=at=g$; doch können beide Gränzen, die durch $t=0$ und die durch $e=g$ bestimmte, nur sehr wenig von einander verschieden seyn. Man braucht überhaupt nur $87^m,415$ mit t_1 zu multipliciren, um einen etwas kleineren Werth als die gesuchte Atmosphären-Höhe zu erhalten.

Zur strengen Durchführung der Aufgabe ist der Werth von g aus Gleichung (11) für at in Gleichung (12) zu substituiren, und man erhält im Allgemeinen eine Gleichung des vierten Grades, welche für die Pole insbesondere, wenn man den Werth $\frac{3a}{g_1}=87^m,415$ mit n bezeichnet, in die Gleichung übergeht:

$$x^2+\frac{r^2-2rnt_1}{r-nt_1}x-\frac{r^2(nt_1-3)}{r-nt_1}=0 \quad \ldots \quad (16).$$

Setzt man $r = 6356324^m$ und $t_1 = 273^\circ - 17^\circ = 256^\circ$, so findet sich:

$$x = 22600^m.$$

Für den Aequator ist aus Gleichung (12) nach Substitution von g für at die Gleichung formirt:

$$x_1 = \frac{r(g_1 n t_1 + C_y - 3g_y)}{kr + 3g_y - g_1 n t_1 - C_y} \quad \ldots \ldots (17)$$

indem von vorn herein x mit $25000^m = y$ in den Werth von g und in die von der Centrifugalkraft herrührenden Glieder eingeführt worden, so dafs

$$g_y = \frac{kr^2}{(r+y)^2} - c \cdot \frac{y+r}{r} \quad \text{und}$$

$$C_y = c \cdot \frac{y^2 + 2ry}{2r}.$$

Man überzeugt sich nämlich durch Betrachtung des Differenzialquotienten $\frac{dx_1}{dy}$ leicht, dafs, wenn y kleiner als das gesuchte x, alsdann

$$x_1 \gtrless y$$

und wenn y gröfser als das gesuchte x,

$$x_1 \lessgtr y.$$

Die Schwere g_1, durch die Länge des Secundenpendels in Metern ausgedrückt, ist nach der Formel berechnet:

$$g_1 = \lambda = l(1 - w\cos 2\chi) = 0{,}991041$$

$$l = 0{,}993512$$

$$w = 0{,}002588$$

χ die Breite.

Es ist ferner gesetzt worden:

$$c = \frac{g_1}{289} = 0{,}003429$$

woraus folgt

$$k = g_1 + c = 0{,}994470.$$

Endlich ist noch angenommen:

$$r = 6376984^m$$
$$t_1 = 273^\circ + 27^\circ = 300^\circ.$$

Alsdann findet sich:

$$x_1 = 26326^m,$$

welcher Werth wenig kleiner als das gesuchte x seyn wird, das nach diesem Verfahren den gegebenen Gröfsen gemäfs so genau, als man will, bestimmt werden kann.

Man hätte also hiernach, wenn die Luft nicht etwa vorher aufgehört, das Mariotte'sche Gesetz zu befolgen, eine mittlere Atmosphären-Höhe von 3 Meilen über den Polen und $3\frac{1}{2}$ Meilen über dem Aequator, und es wären diese Höhen, abgesehen von der Attraction der Atmosphäre selbst, unabhängig von ihrer Masse. Man denke sich diese Masse $= 1$ plötzlich zur Masse n geworden, so würden die dadurch veranlafsten Drucktemperaturen nach einiger Zeit durch Ausstrahlung respective Durchwärmung, je nachdem n gröfser oder kleiner als 1, auf die jetzigen Drucktemperaturen zurückgeführt werden, welche der jetzigen mittleren Temperatur an der Oberfläche der Erde entsprechen, und damit wäre auch das mittlere Volumen der Masse n auf das der Masse 1 gebracht. Die Berücksichtigung der Attraction der Atmosphäre selbst ergiebt sogar für die gröfsere Masse ein kleineres Volumen. Es folgt endlich aus dieser Betrachtung, dafs man in Bezug auf einen anderen Weltkörper aus zwei von den drei Gröfsen: — Atmosphären-Höhe, mittlere Temperatur an der Oberfläche des Weltkörpers, Werth a — einen Schlufs ziehen kann auf die dritte Gröfse.

V. *Ueber ein Instrument zur Bestimmung des Brechungs- und Zerstreuungs-Vermögens verschiedener Medien; von Inspector Meyerstein in Göttingen.*

Zur Bestimmung des Brechungs- und Zerstreuungs-Vermögens verschiedener Medien ist wohl keine Methode in Betreff ihrer Genauigkeit mit der zu vergleichen, welche von Fraunhofer herrührt. Durch die dunkeln Linien im Sonnenspectrum ist es allein möglich, das Brechungsverhältnifs eines jeden bestimmten Lichtstrahles mit Schärfe anzugeben.

Es ist schon von Steinheil und Seidel [1]) hervorgehoben worden, dafs die geringe Anwendung dieser schönen Entdeckung wohl theils in der zu diesen Messungen nothwendigen grofsen Localitäten und theuren Apparaten, theils aber auch in einer von Fraunhofer selbst bemerkten Differenz, welche zwischen dem aus den Beobachtungen abgeleiteten mittleren Zerstreuungs-Verhältnisse und dem, mittelst dessen der beste Effect erreicht werden kann, zu suchen sey. Dafs diese Differenz durch ein Versehen, welche in Fraunhofer's Rechnung sich eingeschlichen hat, ihren Grund habe, weisen die genannten Herren nach.

Ich glaube aber, dafs auch aufser der bedeutenden Localität, welche Fraunhofer's Methode verlangt, die mühsame Aufstellung und Berichtigung der zu diesen Messungen erforderlichen Apparate, was wohl kaum ohne Assistenz geschehen kann, Manchen zurückgehalten hat, sich dieser Methode zu bedienen. Zur Vermeidung der grofsen Räumlichkeit bringe auch ich den Lichtspalt in den Brennpunkt eines achromatischen Objectivs, wodurch zugleich eine jede Reduction der zu messenden Winkel überflüssig wird. Seit längerer Zeit war ich bemüht, einen Apparat

1) Abhandl. der II. Cl. d. K. Bayer. Acad. d. Wiss. V. Bd. II. Abthl.

zu construiren, der ein in sich abgeschlossenes Ganze bildet, mittelst dessen man sowohl die angularen Werthe der dunkeln Linien im Sonnenspectrum, sowie auch die Winkel der Prismen, mit der zur Untersuchung der Brechungs- und Zerstreuungs-Verhältnisse entsprechenden Schärfe messen kann.

Um den Ablenkungswinkel einer bestimmten fixen Linie zu messen, ist es bei der Anordnung meines Apparates nicht erforderlich, dafs der Ein- und Austrittswinkel des zu beobachtenden Strahles einander gleich seyen; dessen Auffindung immerhin mehr Mühe und Zeit kostet. Ich lasse den in das Prisma eintretenden Strahl parallel zur Axe des Beobachtungs-Fernrohres austreten, d. h. also die optische Axe meines Beobachtungs-Fernrohrs soll senkrecht gegen eine Fläche des Prismas seyn. Nennen wir den brechenden Winkel des Prisma φ, den Winkel des eintretenden Strahles mit dem austretenden μ, so ist das Brechungsverhältnifs für diesen Strahl

$$n = \frac{\sin(\mu+\varphi)}{\sin\varphi}$$

wie aus der Fig. 1 Taf. II hervorgeht, in welcher A der eintretende und B der austretende Strahl ist, Letzterer also senkrecht gegen die Fläche ac des Prismas abc.

Beschreibung des Instruments.

In den Abbildungen sind die gleichen Stücke auch mit gleichen Buchstaben bezeichnet.

Es ist in Fig. 2 Taf. II.: A der Dreifufs des Instruments mit der Büchse B zur Aufnahme der Axe d, des Kreises K und des Kreuzes C (Grundansicht Fig. 3). Der Vorsprung b des Kreuzes C ist cylindrisch durchbohrt und in diese Durchbohrung ist ein Zapfen gepafst, welcher das Rohr F mit dem achromatischen Objective trägt, in dessen Brennpunkte der Lichtspalt sich befindet.

Dieser Zapfen ist durch die Schraube c zu klemmen. Theil des Kreuzes C, welcher dem Vorsprunge gegenüber ist, dient nur als Gegengewicht des erwähnten Roh-

res *F*. Unter dem Kreise *K* ist im Centro desselben ein Arm *D* geschraubt Fig. 2, dessen Ende ebenfalls einen Vorsprung *b'* trägt, welcher auch cylindrisch durchbohrt ist und zur Aufnahme des Beobachtungs-Fernrohres *F''* dient; das Stück *t* ist als Gegengewicht für *F'*. Es lassen sich diese Rohre *F* und *F'* durch Drehung um ihre Zapfen *ss'* und durch Auf- und Abschieben derselben genau einander gegenüberstellen, und durch Drehung der Röhren in ihren Hülsen *hh'* läfst sich bewirken, dafs sowohl der Lichtspalt des Rohres *F* als auch das Fadenkreuz des Rohres *F'* vertical sind. Durch die Verbindung des Armes *D* mit dem Kreise *K* ist man im Stande den Kreis und das Beobachtungs-Fernrohr *F'* gleichzeitig um die Axe *d* zu drehen. Im Oculare des Beobachtungs-Fernrohrs befindet sich ein kleines planparalleles Gläschen unter einem Winkel von 45°, durch welches das Fadenkreuz entweder durch Lampenlicht oder auch durch Tageslicht erleuchtet werden kann. Zur Messung dieser Drehung dient sowohl ein Index, welcher mit dem Kreuze verbunden ist, als auch die an den Armen *aa'* des Kreuzes (Fig. 3) diametral gegenüber befestigten Mikrometer-Mikroskope.

Der Kreis *K* ist durch eine Klemme und Mikrometerschraube ebenfalls mit dem Kreuze *C* verbunden. Die Axe *d* tritt mit einem Conus durch den Kreis. Auf diesen Conus ist die Scheibe *S* gepafst und mittelst einer Mutter so fest geschraubt, dafs man sie noch bequem drehen kann. An der Peripherie dieser Scheibe ist eine Klemme angebracht, welche mit dem Kreise *K* in Verbindung steht, auch läfst sich diese Scheibe durch eine Mikrometerschraube fein gegen den Kreis bewegen. Ein kleines Tischchen *F'* mit drei Spitzschrauben, welche etwa 120° von einander abstehen, kann man auf die Scheibe *S* stellen, und, damit die Mitte dieses Tischchens mit der Axe des Kreises nahe zusammenfalle, ist in der Scheibe eine Nuthe von dem Durchmesser eingedreht, welche dem Kreise entspricht, der den drei Spitzschrauben angehört. Auf der oberen Fläche dieses Tischchens ist eine schmale Messingschiene befestigt,

[illegible] genau geradlinig ist und scharf durch [illegible] des Tischchens geht.

Das Prisma, von welchem das Brechungs- und Zerstreuungs-Verhältniſs bestimmt werden soll, wird so auf das Tischchen gesetzt, daſs die eine brechende Fläche hart gegen die Schiene liegt. An der Seite des Trägers des [illegible] Mikroskopes befindet sich noch ein Vorsprung *v* Fig. 3, welcher soweit cylindrisch durchbohrt ist, damit man den Zapfen des Beobachtungs-Fernrohrs ebenfalls da [illegible] könne; zu welchem Zwecke dieses nöthig ist, darauf werde ich später zurückkommen.

Berichtigung des Instruments.

Die Rohre *F F'* werden mittelst der Zapfen *z z'* in eine solche Höhe gebracht, daſs etwa drei Viertel der Objectiv-Oeffnung von dem Prisma bedeckt wird, welches auf das Tischchen *T* gestellt und zu diesen Messungen gebraucht werden soll. Durch Drehung des Kreises *K* bringt man das Beobachtungs-Fernrohr dem Rohre *F*, welches den Spalt trägt, gegenüber, und mittelst der Mikrometerschraube, welche mit dem Kreuze in Verbindung steht, nachdem man den Kreis geklemmt hat, wird bewirkt, daſs das Fadenkreuz und der Lichtspalt in eine verticale Ebene zu stehen kommen, nachdem man zuvor sowohl den Lichtspalt als auch das Fadenkreuz durch Drehung der Ocularröhren, für sich vertical gestellt hat.

Das zur Beobachtung anzuwendende Prisma wird so auf das Tischchen *T* gestellt, wie oben angegeben ist, und man dreht nun die Scheibe *S* so lange, bis die durch die Mitte des Tischchens gehende Ebene des Prismas nahe senkrecht gegen das Beobachtungs-Fernrohr steht. Mit Hülfe einer kleinen Lampe beleuchtet man das Fadenkreuz und dreht nun die Scheibe *S* so lange, bis das reflectirte Bild des Fadenkreuzes deutlich und scharf erscheint. Man [illegible] hiebei sogleich, ob die betreffende Ebene des [illegible] normal gegen die optische Axe des Fernrohrs stehe, [illegible] den sich zeigenden Fehler durch die Spitz-

schrauben des Tischchens *T* soweit, dafs sowohl der Horizontalfaden als auch der Verticalfaden von dem reflectirten gedeckt werden. Wird nun die Scheibe *S* weiter gedreht, bis man in der zweiten Fläche des Prismas das reflectirte Fadenkreuz erblickt, so steht diese Fläche ebenfalls normal, wenn die Fadenkreuze sich auch hier decken. Weicht oben der reflectirte Horizontalfaden von dem wirklichen ab, so steht die optische Axe des Fernrohrs nicht senkrecht gegen die Drehungsaxe des Kreises und die Hälfte dieser Abweichung wird mittelst der Schraube *r*, welche unter dem Fernrohre sitzt, berichtigt; die andere Hälfte wieder durch die Spitzschrauben des Tischchens *T*. Diese Operation wird mehrmals wiederholt, jedoch überzeugt man sich bald, dafs bei einer zweimaligen Wiederholung der Fehler leicht auf Null zu bringen ist. Es sind also nun die beiden Flächen des Prismas parallel mit der Drehungsaxe des Kreises und diese senkrecht gegen die optische Axe des Fernrohrs. Da das Objectiv des Fernrohrs nur ungefähr $\frac{2}{3}$ von der Fläche des Prismas bedeckt wird, so kann man über dem Prisma hinweg den Lichtspalt noch vollständig sehen, und indem das Fadenkreuz scharf auf den Lichtspalt eingestellt ist, und die Fläche des Prismas normal gegen die optische Axe des Beobachtungs-Fernrohrs steht, ist das Instrument zur Messung der fixen Linien im Sonnenspectrum vorbereitet. Fällt nun das Licht der Sonne durch den Spalt, so lüftet man die Klemmschraube des Kreises *K* und dreht denselben, also gleichzeitig das Beobachtungs-Fernrohr und das Prisma, bis das Sonnenspectrum im Beobachtungsrohre erscheint und stellt nun successive auf die dunkeln Linien ein, deren angulare Werthe, wie schon gesagt, durch den Index und durch die Mikrometer-Mikroskope abgelesen werden. Das Instrument wird so aufgestellt, dafs das Rohr *F* durch eine Oeffnung im Fensterladen oder in der Wand gesteckt werden kann, so dafs der Beobachter nicht weiter durch das Licht, welches vom Heliostaten kommt, belästigt wird und in einem vollständig finsteren Zimmer seine Beobachtungen machen kann.

Um die grofsen Kosten, welche der Heliostat verursacht, zu vermeiden, habe ich ein einfaches Instrument zu diesem Zwecke construirt, dessen nähere Beschreibung am Schlusse dieses folgen soll.

Um aus den gemessenen angularen Werthen der dunkeln Linie ein Resultat über das Brechungs- und Zerstreuungsvermögen des angewandten Prismas ziehen zu können, ist noch die genaue Kenntnifs des brechenden Winkels des Prismas erforderlich. Diese Bestimmung läfst sich mit meinem Instrumente auf zwei verschiedene Weisen vornehmen. Zu diesem Zwecke nimmt man das Beobachtungs-Fernrohr mit seinem Zapfen z' aus b' und steckt den Zapfen in den Vorsprung v Fig. 3, dreht das Fernrohr, dafs das Objectiv dem Centro des Kreises zugekehrt, und das ganze Rohr nach dem blofsen Augenmaafse durch die Mitte des Kreises geht. Man kann nun den Lichtspalt als Object betrachten und läfst denselben, indem man die Scheibe S mit dem Prisma dreht, in das Beobachtungs-Fernrohr reflectiren, und stellt mit der Mikrometerschraube scharf ein. Lüftet man nun die Klemmschraube des Kreises K und bringt durch Drehung des Kreises die zweite Fläche dahin, dafs man den reflectirten Spalt beobachten und einstellen kann, so ist alsdann der Winkel des Prismas $= \pm 180^\circ - \varphi$, wo φ die Anzahl Grade, Minuten und Secunden sind, welche man an der Theilung des Kreises abliest. Dieser Winkel läfst sich nun repetiren, indem die Scheibe S für sich und wieder gemeinschaftlich mit dem Kreise K drehbar ist. Die zweite Methode, um diesen Winkel zu bestimmen, besteht darin, dafs man nur das Beobachtungs-Fernrohr anwendet, indem man das Prisma normal gegen das Fernrohr stellt und auch hier das reflectirte Fadenkreuz beobachtet, dasselbe gilt von der zweiten Fläche, und wenn auch hier φ die abgelesene Theilung bedeutet, so ist ebenfalls der brechende Winkel des Prismas $= \pm 180^\circ - \varphi$. Auch hiebei läfst sich die Repetitionsmethode anwenden und giebt höchst befriedigende Resultate.

Beschreibung des Heliostaten.

Die Axe *E* (Fig. 4), welche den Spiegel *o* trägt und parallel zur Weltaxe seyn soll, wird durch ein gewöhnliches Uhrwerk einer Taschenuhr gedreht. Es ist nämlich unten an der Axe ein Rad *R* befestigt, welches in das Getriebe des Mittelrades der Taschenuhr eingreift und den doppelten Durchmesser, also auch die doppelte Anzahl Zähne hat, als das Stundenrad der Uhr. Es wird demnach dieses Rad und mit ihm die Axe in 24 Stunden einmal eine ganze Umdrehung machen. An dem oberen Ende der Axe befindet sich eine Gabel, welche als Lager für die Spiegelzapfen des Spiegels *o* dient. An der einen Seite dieser Zapfen ist ein Declinationskreis und an der andern ein Gegengewicht, sowie auch eine Mutter, um den Spiegel auch in einer jeden Lage festzuklemmen. Das Licht, welches vom Heliostaten reflectirt wird, wenn die Axe desselben im Meridian und der Spiegel nach der Declination der Sonne gestellt ist, wird von einem Hülfsspiegel *H* aufgefangen, welcher mit dem Rohre des Lichtspaltes des vorhin beschriebenen Instrumentes der Art in Verbindung steht, dafs man den Spiegel sowohl um die Axe dieses Rohres als auch senkrecht gegen diese Axe drehen kann. Von diesem Hülfsspiegel ist genau im Durchschnittspunkte dieser beiden Drehungen die Folie so viel weggenommen, wie die Spitze einer feinen Nadel beträgt. Zur richtigen Stellung dieses Hülfsspiegels bedeckt man die Mitte des Heliostatenspiegels durch eine kleine runde Scheibe Papier und bewegt (nachdem man vorher durch die kleine Oeffnung im Hülfsspiegel Licht vom Heliostatenspiegel erhalten hat) nun den Hülfsspiegel der Art, bis dafs das über die nicht folirte Stelle befindliche Auge kein Licht vom Heliostatenspiegel mehr erhält. Nimmt man nun die Papierscheibe weg, so wird das Licht von diesem Spiegel durch den Spalt geschickt und in dem Beobachtungs-Fernrohre wahrgenommen werden. Diese Stellung des Hülfsspiegels ist leicht gemacht; sie braucht auch nur einmal gemacht zu werden, da *nur* die Einstellung *des Spiegels*

am Heliostaten von der Declination der Sonne abhängig ist.

Instrumente nach der vorstehenden Beschreibung werden in meiner Werkstatt für mathematische und physikalische Instrumente auf Bestellung angefertigt.

Nachschrift

des Hrn. Professors Wilhelm Weber in Göttingen.

Zweckmäfsig eingerichtete Instrumente, welche nicht blofs zur Darstellung der Erscheinungen, sondern auch zu ihrer genaueren Beobachtung und feineren Messung dienen, werden, abgesehen von den Untersuchungen, zu denen sie unentbehrlich sind, auch für den Unterricht desto wichtiger, je mehr derselbe von blofsen Vorträgen zu practischen Uebungen übergeht. Zu Messungen ist es aber vortheilhaft, sich auf wenige genaue und geprüfte Instrumente zu beschränken, deren einfache Construction recht vielseitige Anwendungen gestattet. Die Brechungs- und Zerstreuungs-Erscheinungen nebst denjenigen Interferenz-Erscheinungen, bei welchen die Fraunhofer'schen Linien beobachtet werden, bilden ein weites Feld zu Untersuchungen, Anwendungen und Uebungen, für die es an einem allgemein brauchbaren und feinen Messungsinstrumente bisher gefehlt hat. Es ist daher sehr verdienstlich, die bisher nur von Fraunhofer und wenigen Anderen zu ihren Untersuchungen gebrauchten Instrumente für bequemere und allgemeinere Anwendung so einzurichten, wie es von Hrn. Inspector Meyerstein geschehen und durch die vorhergehende Zeichnung und Beschreibung anschaulich erläutert ist. Die wirkliche Ausführung entspricht ganz dem angegebenen Zwecke und kann in jeder Beziehung sehr empfohlen werden.

(gez.) Wilhelm Weber.

[redacted] die Coëxistenz zweier einen Leiter in [redacted] gesetzten Richtungen durchlaufender Ströme.

[redacted] hinterlassenen Papieren des Hrn. Prof. F. Petrina;
von Alois Nowak.

[redacted] sich kaum läugnen, dafs es eine Zeit gab, wo [redacted] Ansicht zugethan war, dafs zwei der Richtung [redacted] nder entgegengesetzte galvanische Ströme einen [redacted] alle Störung durchlaufen können. Diese An- [redacted] ut von der mathematischen Theorie des soge- [redacted] rofsplattigen Elementes, wenn nicht geradezu her- [redacted], so doch bedeutend unterstützt worden zu seyn. [redacted] nicht trat ich aus wichtigen Gründen im Jahre [redacted] gegen und bemühte mich die Theorie des grofs- [redacted] Elementes auf eine andere als die gewöhnliche [redacted] aber eben auch mit Benutzung der Ohm'schen [redacted] galvanischer Ketten abzuleiten [1]).

[redacted] zu Tage wird nur bei der Berechnung der Zweig- [redacted] nicht selten die Annahme gemacht, dafs zwei ein- [redacted] er Richtung nach entgegengesetzte Ströme einen [redacted] ohne Störung durchlaufen; allein diefs geschieht [redacted] n sich die Berechnung solcher Ströme zu erleich- [redacted] ter um sie in manchen Fällen möglich zu machen. [redacted] der jüngsten Zeit hat jedoch der k. k. Telegraphen- [redacted] or Dr. Wilhelm Gintl eine Reihe von Versuchen [redacted] entlicht [2]), die auch einen schlagenden Beweis lie- [redacted] sollen für die Coëxistenz zweier eine Drahtleitung in [redacted] egengesetzten Richtungen ohne Störung durchlaufen- [redacted] Ströme.

[1]) Siehe amtlichen Bericht über die 21. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Graz im September 1843. Graz bei Andreas Leykam's Erben 1844.

[2]) Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissensch. zu Wien, 14. Bd. 3. Heft, S. 400.

Ich habe die Versuche des Hrn. Directors Gintl auf ihre wahre Bedeutung zurückgeführt [1]) und erlaube mir hier nur einen neuen Versuch mitzutheilen, den ich für geeignet halte, die Nicht-Coëxistenz solcher Ströme nachzuweisen.

Die magnetischen und chemischen Wirkungen galvanischer Ströme lassen sich in diesem Falle nicht anwenden, weil sich das Ausbleiben solcher Wirkungen sowohl aus der Coëxistenz als aus der Nicht-Coëxistenz entgegengesetzt laufender Ströme erklären läfst. Nur thermische Wirkungen scheinen mir geeignet zu seyn, den hier in Frage stehenden Gegenstand auf experimentalem Wege zu erledigen.

Das Ausbleiben jeder Erwärmung, wenn man durch die Spirale eines elektrischen Luftthermometers zwei gleich starke Ströme in entgegengesetzten Richtungen zu leiten sucht, spricht deutlich genug für die Nicht-Coëxistenz solcher Ströme.

Denn keine Erfahrung lehrt, dafs zwei Wärmequellen einen Körper nicht erwärmen, wenn jede für sich denselben zu erwärmen vermag, abgesehen davon, dafs man sich das Ausbleiben der Erwärmung aus der Annahme der Coëxistenz nach keiner bis jetzt aufgestellten Theorie galvanischer Ströme erklären könnte.

Durch Peltier's interessante Entdeckung ist dargethan worden, dafs ein galvanischer Strom in einem thermoelektrischen, am besten aus Wismuth und Antimon bestehenden, Elemente Wärme an der Löthstelle erregt, wenn er dasselbe in der Richtung vom Antimon zum Wismuth durchläuft und Kälte verursacht, wenn seine Richtung die umgekehrte ist.

Ich habe diese Wirkungen verglichen und gefunden, dafs sie ungleich grofs sind, und dafs bei einem Wismuth-Antimon-Elemente die Erwärmung ein Vielfaches von der Abkühlung beträgt. Bei diesen Versuchen benutzte ich einen

1) Besonderer Abdruck aus den Abhandlungen der k. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften 5. Folge 9. Bd.

einem Lufthermometer ähnlichen Apparat, durch dessen Kugel, die die Form eines länglichen Ellipsoïds hat, ein an beiden Enden luftdicht eingekittetes thermo-elektrisches Element geht. Dieses Element besteht aus Wismuth und Antimon, hat 3 Zoll Länge und 12 Quadratlinien im Querschnitt. Die Thermometerröhre ist 9 Zoll lang und geht neben einer in Zolle und Zehntelzolle getheilten Scala senkrecht herab in ein mit gefärbter Flüssigkeit gefülltes Glasgefäfs. An den Enden des Thermo-Elementes sind dicke Kupferdrähte angebracht, die nach unten gebogen sind und in am Brettchen des Gestelles angebrachte Näpfchen reichen. Wird die Glaskugel durch Berührung mit der Hand erwärmt, bis einige Luftblasen aus der Röhre entweichen, so steigt beim Abkühlen der Kugel die Flüssigkeit einige Zolle hoch in die Röhre und ihr jedesmaliger Stand läfst sich gut absehen, wenn eine Aenderung der Temperatur der Luft in der Kugel eingetreten ist. Dieser Apparat ist so empfindlich, dafs man, wenn Mefsversuche angestellt werden, die Höhe der Flüssigkeitssäule aus einer mehre Fufse betragenden Entfernung mit Hülfe eines Fernrohres ablesen mufs. Ich stellte diesen Apparat an einem ruhigen und hinreichend beleuchteten Orte meines Arbeitszimmers auf und führte von den Näpfchen der Drahtenden des thermo-elektrischen Elementes 15 Fufs lange und 1 Linie dicke Kupferdrähte bis zum Standorte des Fernrohrs, wo sich auch ein kräftiges Grove'sches Element befand, von den Polen dieses Rheomotors gingen kurze und dicke Kupferdrähte in mit Quecksilber gefüllte kleine Gefäfse, um die Kette nach Belieben und schnell schliefsen oder unterbrechen zu können. Der Draht, der vom Wismuthende des Thermo-Elementes ging, wurde mit dem positiven Pole des Rheomotors verbunden und es wurde gleichzeitig der Stand der Flüssigkeitssäule mit Hülfe des Fernrohres bestimmt. Auf ein gegebenes Zeichen wurde die Kette geschlossen und es wurde von diesem Augenblicke an nicht nur das Steigen der Flüssigkeit, sondern auch die Zeit, so lange dieses noch stattfand, genau beob-

achtet. Die Abkühlung dauerte 24 Secunden und die Flüssigkeit stieg um $\frac{1}{2}$ Zoll höher. Jetzt wurde der Draht, der vom Antimon ging, mit dem positiven Pole des Rheomotors verbunden und die Kette so lange offen gelassen, bis die Flüssigkeitssäule wieder einen fixen Stand einnahm. Sobald dieses eintrat, wurde die Kette geschlossen und es wurde genau beobachtet, wie tief die Flüssigkeit binnen 24 Secunden herabsank. Die Erwärmung hat in diesem Falle 1,65 Zolle der Eintheilung betragen. Diesen Versuch habe ich auch in umgekehrter Ordnung und mit verschieden starken Stromquellen wiederholt und dadurch constatirt, dafs in solchen Fällen die Erwärmung jedesmal ein Vielfaches von der Abkühlung beträgt.

Es mufs bemerkt werden, dafs beim Abkühlen der Löthstelle des thermo-elektrischen Elementes die Zeit gut beobachtet werden mufs, wenn die Flüssigkeit zu steigen aufhört, weil sie sogleich darauf wieder fällt, was wahrscheinlich dadurch geschieht, dafs die nach und nach zunehmende Erwärmung der von der Löthstelle entfernteren Querschnitte beider Metalle die Abkühlung der Löthstelle übertrifft.

Um zu sehen, welcher Theil des angewandten Stromes noch eine Wirkung im Thermo-Elemente hervorbringe, wurde der Strom durch Einschaltung von Drähten zwischen die Pole des Rheomotors in der Art verzweigt, dafs einmal der zwanzigste Theil des ganzen Stromes durch den Thermo-Apparat ging. Im ersten Falle waren die thermischen Wirkungen noch gut vergleichbar und im zweiten Falle, besonders die Erwärmung, noch wahrnehmbar.

Als nun das Verhältnifs zwischen der Erwärmung und Abkühlung durch eine und dieselbe Stromkraft ausgemittelt wurde, nahm ich 30 Fufs lange Drähte und bog sie in der Mitte um. Von jedem dieser zwei Drähte wurde das eine Ende mit dem positiven und das andere mit dem negativen Pole des Rheomotors, sowie die Bugstelle mit einem Drahtende eines empfindlichen Multiplicators verbunden. Bei so einer Vorrichtung erhält man, im Falle die Drahtstücke zwischen den Drahtenden des Multiplica-

tors und den Polen des Rheomotors vollkommen gleichen Widerstand leisten, im Multiplicator nicht den geringsten Ausschlag, weil durch ihr zwei gleiche, der Richtung nach aber entgegengesetzte Zweigströme gehen sollen.

Erhält man aber einen Ausschlag, so versetzt man die eine oder die andere Bugstelle, und wenn dieses nicht helfen sollte, so verkürzt man den einen oder den andern der Drähte, bis keine Ablenkung der Nadel mehr erfolgt. Ist dieses geschehen und man schaltet jetzt anstatt des Multiplicators den Thermo-Apparat ein, so zeigt dieser, wenn die Kette geschlossen, nicht die geringste Wirkung, man mag sich eines wie immer starken Stromes bedienen. Um die Intensität der Zweigströme, die ihren Weg durch das Thermo-Element nehmen sollten, berechnen zu können, wurde der Widerstand des Grove'schen, sowie der des thermo-elektrischen Elementes bestimmt. Jener betrug sammt den kurzen Drähten an den Polen 12,5 Fufs, und dieser sammt den ins Quecksilber tauchenden Drahtstücken 4,5 Fufs des zur Schliefsung der Kette verwendeten Drahts.

Setzt man die elektromotorische Kraft des Rheomotors $= K$, so giebt die Rechnung die Intensität des ganzen Stromes $= \frac{K}{21,73}$ und die Intensität eines jeden durch den Thermo-Apparat zu gehenden Nebenzweigstromes $= \frac{K}{21,73 \times 4,6}$.

Hiemit betrug dieser mehr als ein Fünftel des ganzen Stromes und beinahe die Hälfte von jenem Strome, dessen Differenz der thermischen Wirkungen $1,65 - 0,5 = 1,15''$ der Scaleneintheilung betragen und dessen zehnter Theil noch gut bestimmbare Differenzen gegeben hat.

So starke Zweigströme hätten gewifs eine sichtbare resultirende Wirkung gegeben, wenn sie durch das thermoelektrische Element gegangen wären. Wird bei diesem Versuche, welcher immer von den vier Drähten etwas verlängert oder verkürzt und hiedurch die Gleichheit der Zweigströme gestört, so stellt sich in dem Thermo-Apparat sogleich eine Wirkung ein.

Dafs man bei dem hier angeführten Versuche nur Zweigströme mit Vortheil benutzen kann, ist leicht einzusehen, weil nur diese das einmal erhaltene Verhältnifs ihrer Intensitäten behalten, mag der Hauptstrom immer welchen Veränderungen unterworfen sein.

Aus diesen Versuchen scheint gefolgert werden zu dürfen, dafs ein Leiter, den zwei Ströme in entgegengesetzten Richtungen zugleich durchlaufen sollen, nur die Differenz dieser Ströme aufnimmt, und dafs er, wenn solche Ströme einander gleich sind, keinen von ihnen aufzunehmen vermag.

VII. *Ueber einen verbesserten Inductions-Apparat; von Emil Stöhrer.*

Seitdem man bemüht ist, die Inductions-Apparate in vollkommneren Constructionen und gröfseren Dimensionen auszuführen um eine Electricitätserregung für Ströme herzustellen, welche ihrer Intensität nach gleichsam die Mitte halten zwischen denen, die man mit der Elektrisirmaschine und denen, die man mit der Volta'schen Säule erzeugt, haben sich mehrere Physiker und Künstler angelegentlich mit dem Studium der hierher gehörigen interessanten Erscheinungen beschäftigt. Wahrscheinlich ist mit dem bisher Erreichten die Gränze der Vervollkommnung dieser Apparate noch lange nicht gezogen, und es ist kein erheblicher Grund gegen die Annahme vorhanden, dafs man mit verhältnifsmäfsig geringen Mitteln mehrere Zoll lange Funken an den Enden der Inductions-Spirale wird erhalten können, wenn es gelungen seyn wird die Drähte hinreichend zu isoliren, ohne die Verbindungen weit vom Centrum zu entfernen;

die umgebende Hülle müfste vollkommen undurchdringlich seyn für Funken, die etwa von einer Lage zur anderen überspringen könnten.

Im Jahre 1854 construirte ich einen Inductions-Apparat, bei welchem ich, ähnlich wie Hr. Sinsteden es gethan hat, die Vortheile, welche der hufeisenförmige Elektromagnet vor dem geraden Stabe in magnetischer Beziehung besitzt, zu benutzen gedachte. Das Ergebnifs war nicht das gehoffte, denn es zeigte sich, dafs nach Entfernung des die beiden Schenkel verbindenden eisernen Querstückes, die beiden Stäbe einzeln einen kräftigeren Inductionsstrom erzeugten. Vermuthlich ist die magnetische Trägheit des massiven Eisenstückes die Ursche hiervon, obwohl spätere Versuche über den Nutzen und Vorzug der Drahtbündel vor den massiven Eisenkernen zeigten, dafs auf die Mitwirkung des Eisens durch seinen temporären Magnetismus im Innern der primären Spirale so gar viel nicht zu rechnen ist. Dasselbe beobachtete Prof. Poggendorff. Man kann nach ihm ziemlich viele der Eisenstäbchen aus der Spirale entfernen, ohne den Inductionsstrom zu schwächen, namentlich zeigt sich diefs, wenn der Condensator eingeschaltet ist.

Wenn nun auch die oben erwähnte Hufeisenform des Elektromagnetes in dieser Hinsicht den gewünschten Erfolg nicht hatte, so bleibt doch ein Vorzug dieser Anordnung noch werthvoll, nämlich die vortheilhafte Anlegung des *Unterbrechers*.

Wenn man nämlich an dem einen der Pole eine starke eiserne oder stählerne Feder befestigt, welche bis dicht über den anderen Pol reicht und dort in ein hammerförmiges Stück Eisen endigt, so dient diese als Fortsetzung der magnetischen Thätigkeit und wird vom anderen Pole sehr kräftig angezogen. Etwa auf der Mitte der Feder befindet sich ein mit Platin belegtes Stück Messing, über demselben an einem Ständer befestigt die mit Platinspitze versehene Stellschraube, welche den Strom der Säule in die Feder und zu dem Anfang der primären Spiralen überführt. Die Vibration dieser starken Feder erfolgt sehr

kräftig, erzeugt eine sichere Schliefsung und eine exacte Trennung der Leitung.

Auf jedem der Schenkel des Hufeisens, deren Drähte vorher mit einem Ueberzug von starkem Guttapercha geschützt waren, stand eine Inductions-Spirale, deren Körper aus Holz bestehend, vor dem Aufwinden der Drähte ebenfalls mit Guttapercha überzogen war. Das innere Ende des feinen Drahtes wird durch ein Glasrohr nach Aufsen geführt. Jede Spirale hatte einen inneren Durchmesser von 45^{mm}. Die Windungen erfüllten eine Höhe von 120^{mm}, der äufsere Durchmesser der Rolle betrug 85^{mm}. Da das Hufeisen aufrecht stand, so wurden beide Enden der Spiralen nach oben durch die Holzwand der Rolle geführt und enden in isolirten Schraubenklemmen, welche sich bequem hinter- oder nebeneinander verbinden lassen. Durch eine Entladungs-Vorrichtung kann die Entfernung für die überspringenden Funken veränderlich hergestellt werden.

Sämmtliche bisher bekannten Erscheinungen liefsen sich an dem Entlader erzeugen; da mir indessen erst später die Anfertigung eines guten Condensators gelang, so war die Schlagweite der Funken in Luft nicht sehr bedeutend, obgleich die Erscheinung im verdünnten Raume sich sehr glänzend und mit allen den oft beschriebenen Eigenthümlichkeiten zeigte.

Zu den Versuchen im leeren Raume benutzte ich nicht das sogenannte Ei d. h. den eiförmigen Recipienten, sondern eine 15 Zoll hohe, 5 Zoll im Durchmesser haltende, oben mit Stopfbüchse versehene Glasglocke, welche auf dem Teller jeder Luftpumpe pafst, und sich besser reinigen läfst als das Ei. Uebrigens habe ich, um den ganzen Apparat leicht transportabel zu machen, zu den hierher gehörigen Versuchen eine besonders geeignete *Handluftpumpe* construirt, welche auf wenigstens 1^{mm} Barometerdrucke entleert und auch sonst sehr brauchbar ist. Ich werde mir erlauben dieselbe später genauer zu beschreiben und durch Zeichnung zu erläutern, da sie mit Recht empfohlen werden kann.

Eine der Erscheinungen im verdünnten Raume, welche

ich bisher noch nicht beobachtet hatte und deren ich nirgend Erwähnung gethan finde, ist folgende. Bekannt ist, dafs man durch verschiedene Mittel *Schichtungen* des überströmenden Lichtes erhält; am leichtesten entstehen sie in Terpentinöl- oder Phosphordämpfen, jedoch dürfen sie nur in sehr geringen Mengen vorhanden seyn. So oft ich solcher Schichtungen erhielt, die recht scharf begränzt erschienen, bemerkte ich auch eine Bewegung derselben von einem Pole zum anderen. Merkwürdig dabei ist, dafs die *Richtung* dieser Bewegung sich sofort *umkehrte*, wenn man die zuleitenden Drähte verwechselte, so dafs sich die Polarität der beiden Kugeln umkehrte. Die fortschreitende Bewegung der Schichten findet stets von dem positiven zum negativen Pol statt.

Wenn man bei Beobachtung dieser Schichtungen des Lichtes, welche übrigens oft so scharf begränzt erscheinen, dafs die Zwischenräume völlig dunkel sind, leicht an einer optischen Täuschung zu denken versucht wird, welche möglicher Weise mit dem Spiel des Unterbrechers zusammenhängen könnte, so mufs ich erwähnen, dafs weder die Gröfse der dunkeln Zwischenräume noch die Geschwindigkeit der Bewegung sich ändern, wenn man den Unterbrecher in einem anderen Tempo vibriren läfst. Wenn solche Schichten einmal entstehen, so kann man sogar den Unterbrecher mit der Hand in beliebigem Tempo schliefsen und öffnen, man wird immer dieselben Schichten und dasselbe Fortrücken derselben bemerken.

Ich gehe nun zur Beschreibung eines *neuen Inductions-Apparates* über, bei dessen Construction ich die bisher von Anderen und mir gemachten Erscheinungen benutzt habe um eine möglichst kräftige Wirkung hervorzubringen.

Der Apparat (Taf. II, Fig. 5) besteht aus folgenden Haupttheilen: 1) der *primären Spirale* mit dem Drahtbündel, 2) der *drei einzelnen Inductions-Rollen*, 3) dem *selbstständigen Unterbrecher*, 4) dem *Entlader*, 5) dem *Condensator*.

1. Die *primäre Spirale* ist in der Figur selbst nicht sichtbar, wohl aber das obere Ende des Drahtbündels bei *A*.

Das letztere besteht aus Eisendrähten von 1^{mm} Durchmesser, welche lose in einem dünnen Holzcylinder stehen, so dafs man sie einzeln herausziehen kann. Die Stäbchen sind mit Schellack gefirnifst. Auf den Holzcylinder ist die primäre Spirale gewunden; der Draht derselben ist 1^{mm} Dicke und bildet zu zweien nebeneinander gewunden sechs Lagen. Die Enden der Spirale sind mit den Schraubenklemmen *BB* verbunden. Die Höhe der ganzen Spirale ist 20^{cm}; sie hat einen äufseren Durchmesser von 50^{mm}, wobei ein Ueberzug von 1^{mm} starker Guttapercha eingerechnet ist. Die Drähte sind der Sicherheit wegen gefirnifst.

2. Die *Inductions-Spirale* besteht aus drei einzelnen Rollen, welche sich leicht von der primären Spirale abnehmen und beliebig miteinander verbinden lassen. Der Kerncylinder der Rollen besteht aus übereinander geleimtem Papiere, welches mit Firnifs getränkt ist. Die Seitenwände der Rollen sind von Holz, wozu am besten das feste Birnbaumholz dient, sie sind nur 3^{mm} dick und haben einen Durchmesser von 100^{mm}. Das Aufwinden des feinen Drahtes und die Isolirung desselben ist bekanntlich mit gröfster Vorsicht vorzunehmen. Wenn auch schon durch drei Abtheilungen eine Annäherung der sehr weit auseinander liegenden Theile des Inductionsdrahtes vermieden wird, so reicht doch gute Bespinnung und gutes Firnissen des Drahtes keinesweges aus. Man kann sich leicht überzeugen, dafs kleine Funken aus einer Drahtlage in die darüberliegende überspringen, wenn man eine erregte Spirale im Dunkeln beobachtet. Es giebt kein anderes Mittel hiergegen als die Drähte aufser der gefirnifsten Umspinnung noch mit einem für diese kleinen Funken undurchdringlichen Mittel zu umhüllen. Flüssige Isolatoren, wie Terpentinöl u. s. w. schliefsen zwar die durchbrochene Stelle sofort wieder ein, allein es wird dadurch nur wenig gewonnen, da der Uebergang der Funken nicht verhindert wird. Trennt man eine Lage der Drähte von der anderen durch Guttapercha oder Wachspapier u. dergl., so bahnen sich die Funken einen Weg, um die Kanten an den Seiten-

wänden der Rollen entlang. Prof. Poggendorff hat ein leichtflüssiges Wachs angewendet, welches schon bessere Dienste geleistet hat. Die Rollen des vorstehenden Apparates sind auf folgende Weise gewunden und isolirt: Ein Glasröhrchen ist an der inneren Seite der einen Wand der Rolle so tief in das Holz eingelassen, dafs es nicht über die innere Fläche vorsteht; an der Peripherie ragt es etwas hervor. Dieses Röhrchen nimmt einen Kupferdraht auf, an welchem das innere Ende des feinen Drahtes angelöthet ist. Das Aufwinden in der Drehbank wird nun vorgenommen. Der Draht ist mit Seide besponnen und vor dem Aufwinden gefirnifst. Nach Vollendung jeder Lage wird eine bereit stehende Mischung von 1 Thl. weifses Wachs 1 Thl. weifses Kolophonium heifs mit dem Pinsel aufgetragen und die ganze aufgewundene Drahtmasse durch eine untergestellte Weingeistlampe warm erhalten. Durch dieses Verhalten werden alle Zwischenräume von der gut isolirenden Masse durchdrungen, das Ganze bildet nach dem Erkalten einen fest zusammenhaltenden Cylinder, der gegen äufsere Verletzung kaum geschützt zu werden braucht, da bekanntlich die Wachs- und Harzmischung auch als ein sehr fester Kitt angewendet wird. Das äufsere Ende der Verbindungen wird ebenfalls an einem stärkeren Stück Kupferdraht angelöthet, welcher in ein Glasröhrchen eingekittet ist. Beide Enden der Drähte sind sonach gut durch Glas isolirt und liegen weit auseinander, die beiden Kupferdrähte bilden äufserlich vorstehende 2 Linien lange Stifte, woran Schraubenklemmen zur Fortleitung leicht befestigt werden können.

Alle drei Rollen sind auf gleiche Weise und im gleichen Sinne gewunden, sie werden so über die innere Spirale geschoben, dafs alle inneren Drahtenden auf der einen, alle äufseren Enden auf der anderen Seite in senkrechter Richtung übereinander stehen. Wie die Verbindung der Enden durch Drahtbügel, in welchen Schraubenklemmen festsitzen, hergestellt wird, ist aus der Figur leicht ersichtlich. Die unterste Drahtrolle ruht auf drei Säulchen von

Elfenbein, welche in der Zeichnung nicht sichtbar sind. Von dem obersten und untersten Ende des Rollensystems führen Drähte zunächst nach dem Entlader.

3. Der Unterbrecher *E* ist auf einem Holzfuſse angebracht und kann auch zu anderen Zwecken verwendet werden, da man ihn ohne Weiteres abnehmen kann, wenn man die Verbindungsdrähte entfernt hat. Ein Elektromagnet, um welchen 4 Lagen von demselben Draht, wie er zu der inneren Spirale verwendet worden ist, zweifach nebeneinander gewunden sind, wirkt auf einen durchbohrten und aufgeschlitzten Eisencylinder *F*. Letzterer sitzt an einem starken Hebel *H*, welcher durch eine Spiralfeder nach unten gezogen wird. Die Schraube *H* am äuſsersten Ende des Hebels drückt demzufolge mit ihrer Spitze von Platin stark auf den oberen Theil einer umgebogenen starken Feder von Kupfer *J*. Auf dem oberen Theile der Feder ist eine drehbare, mit Platin belegte Scheibe angebracht, welche von der Platinspitze nicht im Mittelpunkte, sondern etwa mitten zwischen Peripherie und Centrum berührt wird. Sie hat den Zweck die Berührungsstelle nach Belieben veränderlich zu machen, ohne daſs wie bei einem festen Platinstück ein Abfeilen nöthig ist.

Unter dem vorspringenden Theile der gebogenen Feder *J* ist eine Stellschraube *L* befindlich, welche, wenn sie sich hebt, die Feder so unterstützt, daſs sie ihre nachgebende Eigenschaft verliert, so daſs in diesem Falle der niedergehende Hebel auf eine feste Unterlage trifft. Aufserdem ist zwischen den Schenkeln der Feder ein Stück Kork befestigt, welches den Zweck hat die Vibrationen der Feder zu dämpfen, da dieselben der Entwicklung des Inductionsstromes nicht günstig sind. Endlich ist noch eine Schraube *K* vorhanden, durch deren Umdrehung man die am Hebel befestigte Spiralfeder mehr oder weniger spannen kann. Mit dieser Einrichtung des Unterbrechers ist man im Stande die Bedingungen so vollständig als möglich zu erfüllen, welche zur Entwicklung eines kräftigen Inductionsstromes erforderlich sind.

Wenn man die Trennung und Schliefsung des primären Stromes mit der Hand bewerkstelligt, indem man die Drähte berührt und schnell trennt, so wird man sich bald überzeugen, dafs, je stärker man die Drähte vor der Trennung auseinander gedrückt hatte und je plötzlicher man sie auseinander reifst, desto gröfsere Funken an den Enden der Inductionsspirale überspringen. Mit der Berührung und Trennung der Platinspitze und Platte ist es gerade ebenso; man erhält daher die längsten Funken, wenn man die Spiralfeder am stärksten spannt und den Eisenanker *F* dem Elektromagnet nicht zu sehr näher kommen läfst, denn dadurch würde ein Theil des Druckes wieder aufgehoben werden, mit welchem der Hebel von der Spiralfeder gegen die Platinplatte gedrückt wird.

Ferner ist es nicht gleichgültig, ob die Platinspitze der Schraube *H* bei der Schliefsung der Kette auf eine feste oder nachgebende Unterlage trifft, denn im ersten Falle wird der Strom nur sehr kurze Zeit circuliren und die Zeitdauer der Unterbrechung gröfser seyn als die Zeit der Schliefsung der Kette; hingegen findet im letzteren Falle durch die nachgebende Feder *J* eine längere Schlufs- und eine nach Umstände kürzere Trennungszeit der Kette statt. Man kann durch den Gebrauch der drei Stellschrauben *H*, *L* und *K* dieses Verhältnifs beliebig abändern und aufserdem auch das Spiel des Hebels schneller oder langsamer vor sich gehen lassen. Es ist sehr interessant zu beobachten wie die Natur des Inductionsstromes von der Art der Schliefsung und Trennung des primären Stromes abhängig ist, und man kann sich nicht wundern, dafs bei den Versuchen die Trennungsstellen von anderen Metallen herzustellen, wie Silber, Kupfer, Gold u. s. w. sich so grofse Differenzen zeigen.

4. Der *Entlader* dient eigentlich nur zur Bequemlichkeit des Experimentirenden, jedoch hat er auch den Zweck eine zu starke Anhäufung der Elektricität in den Spiralen zu verhindern, indem durch das Ueberspringen der Funken eine Ausgleichung stattfindet.

Zwei Stäbchen von Stahl verschieben sich in den durch Glassäulen isolirten Ständern *C* und *D*. Die Stäbchen sind am hinteren Ende mit Scheiben von Messing, am vorderen mit Spitzen von Platin versehen; man kann sie einander bis zur Berührung nähern, auch kann man sie umwenden, so dafs einer Spitze eine Scheibe, oder beide Scheiben einander gegenüber zu stehen kommen. Aufser den Zuleitungsdrähten, welche von den Inductions-Rollen kommen, kann man auch noch mehrere Drähte für Fortleitung des Stromes zu anderen Zwecken an dem Entlader anbringen.

5. Der *Condensator* ist bekanntlich ein sehr wichtiger Theil des Apparates. Prof. Poggendorff und Hr. Sinsteden haben bereits bewiesen, dafs man denselben auf verschiedene Weise construiren kann. Wichtig ist es, wenn man denselben zum Vergröfsern und Verkleinern der geladenen Oberflächen einrichten kann. Ein Versuch, den Condensator auf eine solche Weise zu construiren, übergehe ich, weil derselbe kein günstiges Resultat lieferte, wenigstens nicht das leistete, was ein gewöhnlicher Wachstaffet-Condensator von gleicher Oberfläche thut. Indessen habe ich die Befürchtung des Hrn. Sinsteden, dafs der Wachstaffet-Condensator bei sehr starker Erregung leicht von Funken durchbrochen werden könne, bei der Anwendung eines solchen nicht in Erfüllung gehen sehen. In dem Schubkasten *M* befindet sich ein gewöhnlicher Wachstaffet-Condensator von $8\frac{1}{2}$ Par. Fufs Länge durch dazwischen gelegte, gefirnifste Brettchen aufgeschichtet und mit den auf der Vorderwand des Kastens stehenden Schraubenklemmen verbunden. Die Versuche, einen Condensator aus einzelnen Plattenpaaren herzustellen, gebe ich noch nicht auf, da er, wie gesagt, grofse Vorzüge besitzt. Der Condensator des Hrn. Sinsteden, aus Glastafeln zusammengesetzt, hat zwar seinen Zweck erfüllt; jedoch glaube ich, dafs der Dicke des Glases wegen derselbe von gröfserer Oberfläche genommen werden mufs als ein Wachstaffet-Condensator; aufserdem ist ein solcher Condensator sehr zerbrechlich, da man das dünnste Glas anwenden und die

Tafeln, wenn auch in einem Kasten, doch frei aufstellen mufs.

6. Versuche mit dem Apparate gaben eine Entwicklung von Inductionsströmen, wie sie meines Wissens bisher noch nicht erreicht worden ist. Sehr auffallend ist die Veränderung, welche die zwischen den Platinspitzen des Entladers überspringenden Funken erleiden, wenn man den Condensator einschaltet. Während ohne denselben die Funken sehr dünn sind, geringe Leuchtkraft besitzen, ein ihrer Gestalt ähnliches, fein knisterndes Geräusch machen und nur eine Länge von 5 bis 6 Linien erreichen, nehmen sie sofort einen ganz anderen Charakter an, sobald der Condensator, dessen eine Seite mit dem Hebel *C*, die andere mit der Kupferfeder *J* in Verbindung steht, eingeschaltet wird. Ihre Gestalt wird massiger; sie sind wenigstens 4 mal so breit und von bunten Säumen umgeben, sie knallen stark, namentlich wenn man sie seltener und von gröfserer Länge überspringen läfst. Wenn man das Zimmer dunkel macht, sieht man aus den Spitzen des Entladers wie bei der Elektrisirmaschine besenförmige Ausströmungen der Elektricität, wobei die positive sich deutlich von der negativen unterscheidet. Bei Anwendung von zwei gewöhnlichen Bunsen'schen Batterien erhält man Funken, welche 12 bis 14 Par. Linien lang sind, nicht den geraden Weg zwischen den Spitzen nehmen, sondern im Zickzack oft ziemlich grofse Bogen machen. Solche lange und seltene überspringende Funken erhält man jedoch nur, wenn man den Hebel *C* so stark als möglich spannt, so dafs der Druck der Platinspitze auf die Kupferfäden sehr stark ist. Wenn man die Spitzen des Entladers einander bis auf etwa 8 Linien nähert, so geht ein beständiger Funkenstrom über, welcher intensiver wird, wenn man durch Nachlassen der Spannfeder das Spiel des Unterbrechers in schnellerem Tempo gehen läfst. Sehr schön erscheint das Funkenspiel am Entlader, wenn man ein Stück Kreide, Zucker, Glas, Holz u. s. w. zwischen die Spitzen einklemmt; Holzspäne, Papier, Baumwolle, Schiefspulver entzünden sich sofort durch die Funken.

Da diese Inductionsfunken eine verhältnifsmäfsig gröfsere Wärme entwickeln, als die der Elektrisirmaschine, selbst als die einer starken Batterie, so kann man hoffen, dafs solche Apparate in der Kriegskunst eine Anwendung finden, wie vorläufige Versuche in Frankreich mit viel schwächeren Apparaten schon befriedigende Resultate gegeben haben sollen. Die augenblickliche Entzündung des Schiefspulvers geht nämlich vortrefflich von statten, wenn man die Zündmasse von Varrentrapp anwendet. Dieselbe besteht bekanntlich aus einer Mischung von 2 Theilen chlorsaurem Kali, 1 Theil Schwefelantimon, und wird über dem Pulversalz angebracht. Läfst man in dieser Mischung auch den kleinsten Inductionsfunken überspringen, so erfolgt sofort die Entzündung. Ich habe sechs solcher Patronen, die durch sehr dünne Drähte hintereinander verbunden waren, auf grofse Entfernung stets mit gröfster Sicherheit und vollkommen gleichzeitig entzündet. Die Isolation der Leitung für den Inductionsstrom ist bei Weitem nicht so schwierig, wie diejenige für Reibungselektricität, der Apparat selbst sehr klein, nicht von der Atmosphäre abhängig u. s. w. Natürlich würde der Apparat für practische Zwecke eine ganz andere, viel einfachere Construction erhalten, als der eben beschriebene, der Unterbrecher z. B. würde aus einem einfachen Drücker, ähnlich dem Schlüssel des Morse'schen Telegraphen bestehen; Inductionsspirale und Condensator können in einem Kasten so verwahrt werden, dafs Beschädigung unmöglich ist, da beide ohnehin nicht zerbrechlich sind. — Es ist hier nicht der Ort diesen rein practischen Gegenstand weiter zu verfolgen, jedoch geht aus dem Gesagten hervor, dafs diese Elektricitätserregung sich besser für den besagten Zweck eignet, als die in Oestreich neuerlich versuchte Anwendung der Reibungs-Elektricität.

Weniger theile ich die Hoffnungen des Hrn. Sinsteden, in Bezug auf eine Anwendung der Inductionsströme für das Kohlenlicht in technischer Beziehung. Mein Apparat giebt ein recht nettes Kohlenlicht, die Kohlenspitzen kommen sogar zum Glühen, allein schon die inter-

mittirende Eigenschaft der Inductionsströme würde mich von weiteren Versuchen abschrecken, denn ein solches Licht wird man technisch nie brauchbar machen können. Dafs das hier entstehende Kohlenlicht selbst bei dem schnellsten Tempo des Unterbrechers sehr deutlich intermittirt, davon kann man sich durch schnelles Hin- und Herbewegen eines beleuchteten Gegenstandes leicht überzeugen. Ueberhaupt wird der Inductionsstrom immer weniger Wärme entwickeln als der zu seiner Hervorrufung angewendete Strom der Säule, und wenn auch diese Eigenschaft nicht gerade in directer Beziehung zur Erzeugung des Kohlenlichtes steht, so läfst sich doch das letztere wiederum ohne starke Wärmeentwicklung nicht denken.

Leipzig im Febr. 1856.

VIII. *Ueber die Beförderung gleichzeitiger Depeschen durch einen telegraphischen Leiter; von Werner Siemens.*

Bereits im Jahre 1849 beschäftigte ich mich in Gemeinschaft mit Halske mit der Lösung der Aufgabe, durch telegraphische Leiter eine die Zahl der Drähte übersteigende Zahl gleichzeitiger Depeschen zu befördern. Wir gingen dabei von folgenden Betrachtungen aus:

Wenn man das Ende jedes Leitungsdrahtes mit den Enden aller übrigen Drähte durch ein telegraphisches Instrument mit zugehöriger Batterie verbindet, so kann man $\frac{n(n-1)}{2}$ solcher Telegraphenapparate auf jeder Seite der die Stationen A und B verbindenden n Leitungsdrähte aufstellen. Schaltet man nun mit einem der eingeschalteten Apparate die zugehörige Batterie zwischen die betreffenden Drähte ein, so werden alle vorhandenen Leitungsdrähte und Apparate von einem mehr oder weniger starken Strome durch-

laufen. Die Aufgabe bestand nun darin den, den homologen Apparat der anderen Station durchlaufenden, Strom möglichst stark und wirksam, die die übrigen Apparate durchlaufenden Ströme dagegen entweder sehr schwach zu machen oder ihre Wirkung ganz oder doch gröfstentheils zu compensiren. Es konnte diefs durch passende Wahl von Widerständen, welche mit den Batterien und Apparaten ein- und ausgeschaltet wurden, durch locale Nebenschliefsungen der thätigen Batterien und durch zweckmäfsige Construction der Apparate selbst ausgeführt werden.

Da die für eine geringe Anzahl von Drähten ausgeführten Berechnungen so wie die angestellten Versuche ein günstiges Resultat versprachen, so nahmen wir in ein, am 23. October 1849 in England entnommenes, Patent den Anspruch auf gleichzeitige Beförderung einer gröfseren Zahl von Depeschen durch combinirte Drähte, auf. Weitere Beschäftigung mit diesem Gegenstande zeigte uns jedoch bald, dafs die Lösung bei einer gröfseren Zahl von Drähten zu schwierig und complicirt wurde und dafs sich das hauptsächlichste Erfordernifs telegraphischer Einrichtungen — gröfstmöglichste Sicherheit — nicht befriedigend erreichen liefs.

Einige Jahre später versuchte Hr. Dr. Kruse in Artlenburg die Aufgabe der mehrfachen gleichzeitigen Benutzung telegraphischer Leiter auf eine ganz verschiedene Weise zu lösen. Derselbe benutzte zu seinen Versuchen eine Modification unserer, auf das Princip des Neeff'schen Hammers basirten Zeigertelegraphen [1]), welche darin besteht, dafs sie mit einem Uebertrager (*relais*) in Verbindung gebracht sind. Es geschieht diefs auf die Weise, dafs die Windungen des Uebertragers vom Linienstrome, die des Telegraphenmagnetes von einem Localstrome durchlaufen werden, während der Contact des Uebertragers den Localstrom, der des Telegraphen den Linienstrom abwechselnd herstellt und unterbricht. Mit dieser Einrichtung versehen sind die Zeigertelegraphen befähigt, mittelst sehr kur-

1) *Arch. d. sc. ph. et nat. XIV.* 41.

zer und schwacher Strömungen, welche die Leitung und die Windungen der Uebertrager durchlaufen, sicher und schnell zu gehen.

Man denke sich nun eine beliebige Zahl derartig combinirter Zeiger oder Drucktelegraphen an jedem Ende der Leitung aufgestellt. Das eine Ende aller Uebertragerwindungen communicirt durch die Schiebercontacte der zugehörigen Telegraphen hindurch, mit dem einen Pol einer gemeinsamen Batterie, deren anderer Pol zur Erde abgeleitet ist. Das zweite, freie, Ende jeder Uebertragerspirale führt dagegen zu einer isolirten Contactfeder. Diese Federn sind in gleichen Abständen um eine Contactscheibe gruppirt. Der Rand dieser Scheibe, auf welchem die Federn schleifen, ist in abwechselnd isolirende und leitende Felder derartig eingetheilt, dafs stets nur eine Feder mit einem leitenden, alle übrigen dagegen mit isolirenden Feldern in Berührung sind. Wird die Scheibe gedreht, so treten die Federn der Reihe nach einen Augenblick in leitende Verbindung mit der Scheibe und durch sie mit dem Leitungsdraht. Denkt man sich nun an beiden Enden der Leitung dieselbe Einrichtung getroffen, beide Batterien in gleicher Richtung eingeschaltet und beide Scheiben genau gleichmäfsig gedreht, so werden sämmtliche Telegraphen gleichmäfsig rotiren. Wird einer derselben angehalten und dadurch die leitende Verbindung seiner Contactfeder mit der Batterie dauernd unterbrochen, so mufs auch der mit ihm correspondirende, d. i. der mit einer homologen Feder verbundene Apparat der andern Station, still stehen, da kein Strom die Leitung durchlaufen kann, während diese Feder mit ihr in Verbindung ist. Die gleichmäfsige Rotation der beiden Scheiben bewirkt Hr. Kruse dadurch, dafs er sie mit Zähnen versieht und durch die Oscillationen der Telegraphenmagnete selbst drehen läfst. Da stets gleich viel Apparate an beiden Enden der Leitung in Bewegung sind und alle genau mit derselben Geschwindigkeit rotiren, so müssen auch beide Scheiben genau gleichmäfsig fortschreiten. Werden einzelne Telegraphenpaare

angehalten, so wird dadurch zwar die Rotationsgeschwindigkeit der Scheiben und mithin auch der übrigen Telegraphen vermindert, die Gleichmäfsigkeit der Rotation aber nicht gestört.

Es ist ersichtlich, dafs diese sinnreiche Combination für praktische Anwendung zu complicirt und zu unsicher ist. Namentlich wird es sehr schwer seyn die Uebertrager so empfindlich und schnell beweglich zu machen, dafs sie mit Strömen von so kurzer Dauer noch sicher functioniren und die Telegraphen in Bewegung setzen.

Im zweiten Decemberheft des Leipziger polytechnischen Centralblattes beschrieb Hr. Telegraphen-Inspector Galle eine von Hrn. Dr. Gintl auf der Linie Prag-Wien versuchte Methode mittelst des Morse'schen Schreibtelegraphen gleichzeitig Depeschen in entgegengesetzter Richtung zu befördern. Sie bestand darin, dafs die Uebertragermagnete mit 2 Drahtspiralen versehen wurden, von denen die eine mit dem Leitungsdrahte communicirte. War der Schlüssel (Contacthebel) nicht niedergedrückt, so stellte sein Ruhecontact die leitende Verbindung des freien Endes dieser Spirale mit der Erde her, der leitende Kreis war mithin durch den Draht, die betreffenden Spiralen der beiden Endstationen und die Erde hergestellt. Durch Niederdrücken eines der Schlüssel ward die directe leitende Verbindung der Spirale mit der Erde aufgehoben und sie dagegen mit dem freien Pole einer zur Erde abgeleiteten Batterie hergestellt. Der Strom dieser Batterie durchlief mithin jetzt den Leitungsdraht und die seine Fortsetzung bildenden Spiralen. Um nun zu verhindern, dafs dieser Strom den am Orte der wirksamen Batterie befindlichen Magnet des Uebertragers magnetisirte, ward durch dieselbe Hebelbewegung gleichzeitig ein zweiter Contact hergestellt, welcher den Stromlauf einer zweiten Batterie durch die zweite Spirale des Magnetes herstellte. Der Strom durchlief diese Spirale in entgegengesetzter Richtung und ward durch einen eingeschalteten Rheostaten so abgeglichen, dafs seine magnetisirende Wirkung der des die andere Spirale durchlaufenden Linienstromes gleich und entgegengesetzt

war. Der Uebertragermagnet der eigenen Station blieb daher ganz unmagnetisch, während der Strom auf den Magnet der Empfangstation seine volle Wirkung ausübte. War nun an beiden Enden der Leitung dieselbe Einrichtung getroffen und wurden gleichzeitig beide Contacthebel niedergedrückt, mithin alle 4 Batterien eingeschaltet, so ward das Gleichgewicht der Ströme in beiden Uebertragermagneten gestört und die Anker beider mufsten angezogen werden. Es mufste daher jeder Apparat die von der anderen Station gegebenen Zeichen erhalten, während gleichzeitig andere Zeichen von ihm ausgingen und dort zum Vorschein kamen.

Hr. Dr. Gintl scheint die an den beiden Enden des Leitungsdrahtes befindlichen Batterien stets in entgegengesetztem Sinne eingeschaltet und diefs für unumgänglich nothwendig erachtet zu haben, da er später mehrfach die sonderbare Ansicht ausgesprochen hat, dafs die Möglichkeit des Gegensprechens den Beweis liefere, dafs zwei Ströme einen Draht in entgegengesetztem Sinne durchlaufen könnten, ohne sich gegenseitig zu schwächen oder aufzuheben! In dem vorliegenden Falle ist es für die Gröfse der Störung des Gleichgewichts der magnetisirenden Wirkungen der die beiden Spiralen jedes Uebertragermagnetes durchlaufenden Ströme ganz gleichgültig in welchem Sinne die Batterieen beider Stationen eingeschaltet werden. Werden sie in gleichem Sinne, d. i. so eingeschaltet, dafs sie als eine Batterie von doppelter Zahl von Elementen wirken, so ist die Stromstärke im Leitungsdraht und den mit ihnen verbundenen Spiralen doppelt so grofs wie die, welche eine einzelne Batterie in demselben Kreise hervorbringt Sind die Batterin dagegen gleich und entgegengerichtet so neutralisiren sie sich in einem völlig isolirten Leitungskreise vollständig und es wird weder der Leitungsdraht noch die zugehörigen Spiralen von einem Strome durchlaufen. In beiden Fällen werden die Magnete durch die Differenz der Wirkung des Linien- und des Gleichgewichtsstromes — mithin ebenso stark wie be ieinseitigem Strome —

magnetisirt. Der einzige Unterschied besteht darin, dafs im ersteren Falle der Linien-, im zweiten der Local-Gleichgewichtsstrom überwiegend ist und die Magnetisirung bewirkt.

Die practischen Resultate, welche Hr. Dr. Gintl bei den Versuchen mit den wie eben beschrieben hergerichteten Apparaten erzielte, konnten nur sehr ungünstig ausfallen. Zwei Batterien bleiben nicht lange im Gleichgewicht ohne häufige Correcturen des Widerstandes. Noch weit schwieriger, ja sogar unmöglich, ist es, zwei Contacte wirklich gleichzeitig herzustellen und aufzuheben, wie es das Gintlsche [1]) Gegensprechverfahren erfordert. Ferner wird die leitende Verbindung des Leitungsdrahtes mit der Erde während jedes Uebergangs aus einer Ruhelage in die andere unterbrochen, der von der anderen Station kommende Strom mithin während dieser Zeit aufgehoben, wodurch nothwendig Störungen der ankommenden Schrift hervorgerufen werden. Endlich hat Hr. Dr. Gintl dadurch, dafs er die Batterien in entgegengesetzter Richtung einschaltete, noch den Uebelstand herbeigeführt, dafs die Uebertragermagnete bei gleichzeitiger Schrift im Sinne der Gleichgewichtsströme, bei einseitiger dagegen im Sinne des Linienstromes magnetisirt wurden; bei jedem der zahlreichen Wechsel zwischen Einzel- und Doppelschrift mufste daher der Magnetismus der Elektromagnete umgekehrt werden, was zur nothwendigen Folge haben mufste, dafs häufig kurze Schriftzeichen fortblieben und längere unterbrochen wurden.

Die ungünstigen Resultate, welche Hr. Gintl mit dem Gegensprechen auf elektromagnetischem Wege erhielt, veranlafsten denselben diesen Weg ganz zu verlassen, und

1) Hr. Dr. Gintl hat selbst das oben beschriebene Verfahren des gleichzeitigen Sprechens durch denselben Draht mit Morse'schen Telegraphen nirgends mit Bestimmtheit als seine Erfindung in Anspruch genommen. Da häufig der verstorbene Professor Petrina in Prag als derjenige bezeichnet wird, welcher der östreichischen Regierung die leitende Idee zu dem beschriebenen Versuche mitgetheilt habe, so wäre eine bestimmte Erklärung hierüber sehr wünschenswerth.

die Lösung der Aufgabe mittelst des Bain'schen elektrochemischen Telegraphen zu versuchen. In einer am 30. Nov. 1854 der K. K. Academie der Wissenschaften zu Wien mitgetheilten [1]) Abhandlung sucht Hr. Dr. Gintl den Beweis zu führen, dafs zwei Ströme, ohne sich gegenseitig zu stören, in entgegengesetzter Richtung denselben Draht durchlaufen, dafs mithin »jeder der beiden sich gleichzeitig durch den Draht fortpflanzenden Ströme an der entgegengesetzten Station gerade so anlangte, als wenn er für sich allein in dem Drahte dahingeleitet worden wäre« und begründete auf diesen, vermeintlich geführten, Beweis die Construction seines elektrochemischen Gegensprechers. Obgleich sich dieser Beweis, wie leicht vorherzusehen, als gänzlich irrthümlich ergiebt und nur zeigt, dafs Hr. Dr. Gintl das Ohm'sche Gesetz und die Lehre der Stromverzweigungen aufser Acht gelassen hat, so ist der von demselben zuerst betretene Weg des Gegensprechens auf elektrochemischem Wege doch sehr beachtenswerth. Es wird daher am zweckmäfsigsten seyn durch eine einfache Rechnung gleich die Bedingungen des elektrochemischen Gegensprechens festzustellen und auf die Gintl'sche Beweisführung gar nicht weiter einzugehen.

Es stelle in Taf. II Fig. 6 *ab* die Drahtleitung, *cd* die als widerstandslos betrachtete Verbindung durch die Erde vor, durch welche die beiden Stationen *A* und *B* mit einander communiciren. Die leitende Verbindung zwischen *a* und *c*, so wie zwischen *b* und *d* ist durch die zur Aufnahme der telegraphischen Zeichen bestimmten, mit einer der bekannten Salzlösungen getränkten Papierstreifen hergestellt und dadurch der galvanische Kreislauf geschlossen. Schaltet nun eine der beiden Stationen, z. B. *A*, eine Batterie *E* in den Kreis ein, so wird der Strom beide Papierstreifen durchlaufen und an beiden Stationen eine Zersetzung des Elektrolyten, mit welchem sie getränkt sind, bewirken. Die Aufgabe des Gegensprechens verlangt da-

1) Sitzungsberichte der math.-naturw. Klasse der Kais. Acad. d. Wissenschaften Bd. XIV, S. 400.

...n *B* eine Zersetzung hervorg...
... Station *A* mithin von keine...
... Dieſs kann dadurch bewirkt w...
... mit der Batterie *E* eine zwei...
... zu ermittelnden Widerstande ...
... als Anoden dienenden Metallstift...
... Papierstreifen hindurchgeführt wir...
... daſs der Papierstreifen den vo...
... gelegenen Zweigdraht des Wheat...
... bildet. Bezeichnen *E* und *E'* di...
... Kräfte der eingeschalteten Batterie...
... des Leitungsdrahtes zwischen *A* und *B*...
... mit der Batterie *E'*, *w''* den Wide...
... ens. *i*, *i'*, *i''* endlich die in den Wi...
... herrschenden Stromstärken, so is...
... schen Form des Ohm'schen Gesetzes...
... bezeichneten Pfeile die Richtung de...

$$\ldots + w'i' + w''i'' = E + E'$$
$$\ldots - w'i' = E'$$
$$\ldots + i'' = i.$$

... gesuchten Fall, daſs $i'' = 0$ werden

$$\ldots i' = w + w'' : w'.$$

... den Papierstreifen gar kein Strom
... der Haupt- und Zweigleitung sich
... Kräfte der zugehörigen Batte-
... Schalter nun Station *B* gleichzeitig mit
... Batterien *E* und *E'* mit dem ebenso
... Widerstande *w* auf gleiche Weise ein, so
... betrachten, ob die Batterien der
... verstärken oder entgegengerich-
... Falle wird die Leitung *ab* von kei-
... da die in *A* und *B* befindlichen
... Kräfte gleich und entgegengesetzt sind.
... streifen in *A* und *B* sind aber Neben-

schliefsungen der Gleichgewichtsbatterien E' hergestellt. Die ersteren werden mithin von einem Strome

$$i'' = \frac{E'}{w' + w''}$$

durchlaufen. Es tritt daher gleichzeitig an beiden Stationen eine Zersetzung der Flüssigkeit, mit welcher die Papierstreifen getränkt sind, ein, die jedoch nicht Folge von Strömen, welche im Leitungsdraht aneinander vorbeigehen, ist, sondern durch Localströme der Gleichgewichtsbatterien veranlafst wird [1]).

Wenn die Batterien der beiden Stationen nicht entgegen, sondern gleichgerichtet sind, so ergeben sich die Gleichungen:

1) $w.i + 2w'.i' = 2(E + E')$
2) $w'i' - w''i'' = E'$
3) $i' + i'' = i$
4) $\frac{E}{w + w''} = \frac{E'}{w'}$

woraus folgt, wenn i, i' und E eliminirt werden:

$$i'' = E' \frac{w + 2w''}{w.w' + 2w'w'' + w.w''}.$$

1) Hr. Zantedeschi hat in zwei, am 16. Juli und 6. August vorigen Jahres der Pariser Academie der Wissenschaften überreichten Abhandlungen den Ruhm in Anspruch genommen, bereits im Jahre 1829 den gleichzeitigen Durchgang elektrischer Ströme von entgegengesetzter Richtung durch denselben Leiter nachgewiesen zu haben. Seine Beweisführung ist der Gintl'schen sehr ähnlich und wie diese im Widerspruch mit dem Ohm'schen Gesetze. Wenn es auch nicht angemessen erscheint, in diesen Blättern auf eine specielle Widerlegung derartiger unbegründeter Hypothesen, welche durch keine neue, bis dahin nicht zu erklärende Erscheinungen hervorgerufen sind, einzugehen, so bleibt doch zu bedauern, dafs die Aufstellung derselben nicht sogleich gerügt ist, da dadurch in manchen Kreisen eine grofse Verwirrung der Ansichten entstanden ist. Dafs zwei gleiche in entgegengesetzter Richtung in einen leitenden Kreis eingeschaltete Batterien wirklich unthätig sind, erweist sich dadurch, dafs keine Wärme im Verbindungsbogen erzeugt wird, da die Wärmeentwickelung nothwendig Begleiterin jedes Stromes ist, welcher einen Widerstand überwindet, so wie auch dadurch, dafs in den Batterien keine chemische Action stattfindet, ohne welche eben so wenig ein hydro-elektrischer Strom denkbar ist.

Es findet mithin auch in diesem Falle eine gleichzeitige Zersetzung in beiden Papierstreifen statt, welche durch den im Leitungsdraht herrschenden überwiegenden Strom bewirkt wird.

Um eine tadellose telegraphische Schrift zu erhalten, müfste beim Einzel- wie beim Doppelsprechen die Stärke des die Papierstreifen durchlaufenden Stromes gleich grofs seyn. Es müfste mithin in dem zuerst betrachteten Falle

$$\frac{E+E'}{w+w'+w''} = \frac{E'}{w'+w''}$$

seyn.

Diese Gleichung wird aber nur dadurch erfüllt, dafs $w''=0$ gesetzt wird. Es läfst sich mithin nur dann eine gleichmäfsige und sichere Schrift erzielen, wenn der Widerstand, den der eingeschaltete Papierstreifen dem Durchgange des Stromes entgegensetzt, im Vergleich mit den übrigen Widerständen sehr klein ist.

Dasselbe Resultat erhält man in dem Falle, wenn die Batterien in gleichem Sinne eingeschaltet sind, aus der Gleichung:

$$E' \cdot \frac{w+2w''}{w.w'+2w'w''+w.w''} = \frac{E+E'}{w+w'+w''}.$$

Ersetzt man die Zersetzungsvorrichtungen durch die Windungen zweier Uebertragermagnete, so eignet sich das Gintl'sche Stromschema auch zum Gegensprechen mit elektromagnetischen Telegraphen, doch ist hierbei der Uebelstand der ungleichen Ströme beim Einzel- und Doppelsprechen noch nachtheiliger wie bei elektrochemischen Apparaten.

Der practischen Brauchbarkeit der beschriebenen Gintl'schen Gegensprechmethode steht besonders die Schwierigkeit entgegen, welche mit der Construction von Doppelcontacten, welche gleichzeitig und ohne Unterbrechung der Leitung wirken sollen, verknüpft ist. Ueberhaupt eignet sich der elektrochemische Telegraph nur zur Benutzung auf einzelnen, unverzweigten Linien, da er die Weitertra-

gung (*Translation*), d. i. die mechanische Weitergabe einer Depesche, durch die empfangenden Apparate nicht gestattet.

Im Sommer 1854 beschäftigten Halske und ich und unabhängig von uns Hr. Telegraphen-Ingenieur Frischen in Hannover uns mit der Aufgabe, dem Gegensprechen mit Morse'schen Telegraphen eine practisch brauchbare Form zu geben. Es gelang uns diefs auf völlig befriedigende Weise und zwar auf im Wesentlichen gleichem Wege.

In dem Stromschema Taf. II Fig. 7 sey ab der die Stationen A und B verbindende Leitungsdraht, m und n seyen die beiden Spiralen des mit zwei Drähten umwundenen Uebertragermagnetes, o der Schlüssel (Contacthebel) des Apparates, E die Batterie, w_1 ein veränderlicher Widerstand, p die Metallplatte, welche die leitende Verbindung mit dem Erdboden herstellt. Die verbindenden Linien sind leitende Drähte. Im Ruhestande, d. i. wenn keiner der beiden Hebel o niedergedrückt ist, ist der Leitungsdraht ab durch einen der beiden Umwindungsdrähte m, und die Ruhecontacte der Hebel o an beiden Stationen in leitender Verbindung mit der Erde. Wird der Hebel o der Station A niedergedrückt, so wird hierdurch die leitende Verbindung des Umwindungsdrahtes m mit der Erde aufgehoben und derselbe dagegen mit dem freien Pole einer zur Erde abgeleiteten Batterie E verbunden. Der Strom dieser Batterie theilt sich nun in zwei Zweige. Der eine Theilstrom durchläuft die Spirale m der Station A, den Leitungsdraht ab, die Spirale m der Station B und geht durch den Ruhecontact des dortigen Hebels o zur Erde. Der andere Zweig durchläuft den Spiraldraht n der Station A und kehrt durch den Widerstand w_1 zur Batterie zurück. Die Spiralen m und n und der Widerstand w_1 müssen nun so angeordnet seyn, dafs die beiden durch m und n gehenden Ströme einen gleichen und entgegengesetzten magnetisirenden Effect auf das eingeschlossene Eisen des Uebertragermagnetes ausüben, mithin gar kein Magnetismus in demselben erzeugt wird. Es wird dann der von einer Station ausgehende Strom nur den Uebertragermagnet der anderen Station mag-

netisiren. Dieser Bedingung wird bei dem dargestellten Stromschema dadurch genügt, dafs man die Producte der Stromstärken der beiden Zweigströme in die Zahl der Windungen der Spiralen m und n einander gleich macht. Da sich die Stromstärken in den beiden Zweigleitungen umgekehrt wie die Widerstände derselben verhalten, so müssen mithin die Windungszahlen der beiden Spiralen sich wie die Gesammtwiderstände der zugehörigen Kreise verhalten. Ist diefs Verhältnifs durch richtige Einstellung des Widerstandes w hergestellt, so wird kein Magnetismus in dem Magnete des eignen Uebertragers erzeugt, derselbe behält mithin seine vollständige Empfänglichkeit für den von der anderen Station kommenden Strom.

Als weitere Bedingung für das durchaus gesicherte gleichzeitige Sprechen tritt noch hinzu, dafs der magnetisirende Effect des von der anderen Station kommenden Stromes auch in dem Falle von gleicher Gröfse bleiben mufs, wenn der Contacthebel in Bewegung begriffen ist. Bezeichnet E die elektromotorische Kraft der thätigen Batterie, w den Gesammtwiderstand der Hauptleitung ab, w' den Widerstand der Gleichgewichtsleitung, m und n die Windungszahlen der gleich benannten Spiralen, und wird der Widerstand der Batterien als unerheblich im Vergleich mit den übrigen Widerständen vernachlässigt, so ergiebt sich aus Obigem die Bedingungsgleichung:

$$\frac{mE}{w} = \frac{(m+n)E}{w+w'},$$

welcher Gleichung ebenfalls genügt wird, wenn man $\frac{m}{n} = \frac{w}{w'}$ macht, wie für das Gleichgewicht der von der eignen Batterie ausgehenden Ströme nothwendig ist. Bei practischen Ausführungen haben wir in der Regel vorgezogen die Zahl der Windungen beider Spiralen und mithin auch die Widerstände des Haupt- und des Gleichgewichtskreises einander gleich zu machen, obschon hierdurch der Verbrauch übersponnener Kupferdrähte für die Uebertrager und übersponnener Neusilberdrähte zur Herstellung der

Gleichgewichtswiderstände vergrößert wird. Wir thaten dieſs, weil größere Widerstände leichter mit, für practische Zwecke ausreichender, Genauigkeit auszugleichen sind und die veränderlichen Widerstände der Berührungsstellen dabei weniger in Betracht kommen, hauptsächlich aber um den durch die Leitung gehenden Strom der Batterie nicht durch eine zu kurze Zweigleitung unnöthig zu schwächen und unconstant zu machen. Da nämlich sehr oft in den Telegraphen-Bureaux inconstante Batterien, aus Kohlen-Zinkketten mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt bestehend, benutzt werden, so wird die elektromotorische Kraft derselben sehr schnell durch Polarisation vermindert, wenn ihre Thätigkeit beträchtlich in Anspruch genommen wird. Der ankommende Strom wird bei kurzen Gleichgewichtsleitungen daher namentlich dann sehr veränderlich werden, wenn die Leitung unvollkommen isolirt ist und dadurch der abgehende Strom bedeutend verstärkt wird. Auch bei Anwendung constanter Ketten haben kurze Zweigleitungen der Batterie den Nachtheil, daſs man viel größere Elemente namentlich dann anwenden muſs, wenn mehrere Apparate durch eine Batterie betrieben werden sollen [1]).

1) Hr. Dr. Stark in Wien hat im 8ten Heft der Zeitschrift des deutsch-öster. Telegraphen-Vereins 1855 eine Verbesserung unserer Methode des Gegensprechens beschrieben, welche darin besteht, daſs er, abweichend von den von uns nach Wien gelieferten Apparaten, das Verhältniſs der Zahl der Windungen beider Zweigleitungen ungleich macht Die Gründe, welche uns bewogen haben, den Widerstand und die Zahl der Windungen beider Zweigleitungen gewöhnlich gleich groſs zu machen, habe ich bereits angeführt. Hr. Dr. Stark berechnet, daſs sein mit ungleicher Windungszahl versehener Magnet in Folge dessen eine größere Empfindlichkeit im Verhältniſs wie 1:1,67 erhalten habe. Er hat jedoch hierbei weder in Betracht gezogen, daſs der Widerstand des vom Leitungsstrome durchlaufenen Umwindungsdrahtes und mithin auch der der ganzen Leitung bei seiner Annahme vergrößert wird, noch daſs man für einen größeren Widerstand ein passenderes Verhältniſs des Durchmessers des Umwindungsdrahtes wählen und dadurch den von ihm berechneten Vortheil der ungleichen Umwindungszahl nahe compensiren kann. Eine Vergrößerung des Widerstandes der in die Leitung eingeschalteten Magnetspiralen ist aber nicht rathsam, weil die durch unvollkommene Isolation

Die Aufgabe des gleichzeitigen Sprechens in entgegengesetzter Richtung durch denselben Draht kann als vollständig gelöst durch die beschriebene Construction erachtet werden, wie eine längere, practische Erfahrung es bestätigt. Es ist diefs Verfahren jedoch da nicht anwendbar, wo die durch die Telegraphenleitung gehenden Ströme nicht von constanter Stärke sind, mithin weder bei längeren unterseeischen oder unterirdischen Leitungen, noch in Fällen, wo eine gröfsere Zahl von Magnetspiralen in die Leitung eingeschaltet ist. Im ersteren Falle überwiegt bei Beginn des Stromes die Haupt-, im zweiten die Gleichgewichtsspirale, es ist mithin in beiden Fällen kein vollständiges Gleichgewicht beider zu erzielen.

Ein weniger günstiges practisches Resultat haben Halske und ich bei der Lösung einer anderen Aufgabe, der des gleichzeitigen Sprechens mit zwei Apparaten in derselben Richtung mittelst schreibender (Morse'scher) Apparate, erreicht.

Verbindet man mittelst passender Mechanismen zwei Batterien von verschiedener Stärke in der Weise mit dem einen Ende eines telegraphischen Leiters und der Erde, dafs man, ohne die Continuität des Kreises zu unterbrechen, die eine oder die andere der Batterien oder beide zugleich einschalten kann, so kann man drei verschiedene Stromstärken im Leiter erzeugen. Ist Batterie II doppelt so stark wie Batterie I, so werden die durch Batterie I, II und I+II hervorgebrachten Stromstärken sich wie 1 zu 2 zu 3 verhalten. Sind nun am anderen Ende der Leitung zwischen ihnen und

verursachten Nebenschliefsungen des Leitungsdrahtes um so schädlicher wirken, je gröfsere Widerstände zwischen ihnen und der Batterie liegen. Wir haben unsere ersten Versuche im Sinne der Verbesserung des Hrn. Dr. Stark angestellt und auch später häufig Gegensprecher mit kleinerem Gleichgewichtswiderstande ausgeführt, fanden jedoch practisch, dafs das Gleichgewicht der Ströme am leichtesten herzustellen und zu erhalten ist, wenn beide Drähte gleichzeitig und in gleicher Windungszahl aufgewunden werden. Man erhält hierdurch namentlich den Vortheil, dafs man in die beiden Leitungszweige die Drähte eines Differential-Galvanoskops einschalten und mit Hülfe desselben mit Leichtigkeit die richtige Einstellung des Widerstandes der Gleichgewichtsleitung bewirken kann.

die Erde zwei Uebertrager eingeschaltet, von denen der erste durch Stromstärke 1 in Thätigkeit gesetzt wird, während der zweite erst durch Stromstärke 2 zur Anziehung gebracht wird, so erfordert die Lösung der Aufgabe, dafs der Uebertrager I nur durch Stromstärke 1 und Stromstärke 3, nicht aber durch Stromstärke 2 in Bewegung gesetzt wird. Diefs läfst sich auf sehr viele Weisen erreichen. Wir versuchten zuerst, Anfangs vorigen Jahres, mittelst einer Localbatterie die Stromstärke 2 im Uebertrager I zu compensiren. Es geschah diefs dadurch, dafs der Magnet des Uebertragers I mit zwei Drähten umwunden ward, von denen der eine in die Hauptleitung eingeschaltet war, während der andere von einem Zweigstrome der Localbatterie durchströmt ward, wenn Uebertrager II seinen Anker angezogen hatte. Es ward dieser Localstrom durch einen Rheostat so regulirt, dafs er im Uebertrager I einen gleichen und entgegengesetzten Magnetismus wie Strom 2 erzeugte. Es ward daher, wenn Batterie II in die Leitung eingeschaltet ward, Uebertrager I zwar momentan in Thätigkeit gesetzt, sobald jedoch auch Uebertrager II seinen Anker angezogen hatte, begann die Wirkung des Gleichgewichtsstromes und der Anker des Uebertragers I fiel wieder ab, bevor der durch ihn bewirkte momentane Schlufs der Localkette ein Zeichen auf dem Papierstreifen hervorbringen konnte. Ward jedoch auch Batterie I eingeschaltet, so circulirte in der Leitung Stromstärke 3, das Gleichgewicht der Ströme im Uebertrager I ward daher gestört und derselbe zog seinen Anker durch Wirkung der Differenz der Ströme — d. i. Stromstärke 1 — an. Das Resultat des Versuches war, wie es leicht vorherzusehen war, ungünstig. Abgesehen von der Schwierigkeit, zwei von verschiedenen Batterien erzeugte Ströme in dauerndem Gleichgewicht zu erhalten, war nicht einmal im Zimmer regelmäfsige Schrift zu erzielen, hauptsächlich aus dem Grunde, weil die Wirkung des Uebertragers I zu träge wird, wenn die Gleichgewichtsspirale durch die Localbatterie geschlossen ist, und weil Uebertrager II nicht sicher

abwechselnd mit Stromstärke 2 und 3 arbeitet — wie es der Fall seyn müfste.

Das Stromschema für die beschriebene Lösung der Aufgabe des Doppelsprechens ist Taf. II Fig. 8 dargestellt. Die Spiralen der Uebertrager R_1 und R_2 sind mit s und s', die Gleichgewichtsspirale des Uebertragers R' mit s'' bezeichnet. a und a' sind die Anker der beiden Uebertrager, k und k' die Contacte derselben, durch deren Berührung mit a und a' der Strom der Localbatterie B durch die Drahtspiralen S und S' der Schreibmagnete hergestellt wird. Durch den Contact $a'-k'$ wird ferner eine Nebenschliefsung der Batterie E, durch den Rheostat w und die zweite Spirale s'' des Uebertragers I hindurch, hergestellt. Der Rheostat w wird so eingestellt, dafs die Spiralen s und s'' bei Stromstärke 2 gleichen und entgegengesetzten magnetisirenden Effect auf den Eisenkern des Magnetes ausüben, sich mithin bei dieser Stromstärke neutralisiren.

Beim Stromschema Fig. 9 wird dagegen die Spirale s' dauernd von einem Strome der Batterie B durchströmt und zwar in demselben Sinne wie Spirale s. Wird die Leitung von Stromstärke 1 durchströmt, so wird durch gemeinschaftliche Wirkung beider Spiralen der Anker angezogen. Wird dagegen bei Stromstärke 2 auch Anker a' angezogen, so hört der Localstrom durch s'' auf und der Anker a fällt ab. Stromstärke 3 zieht denselben dagegen wieder an.

Mit Hülfe eines dritten Uebertragers R^3, welcher erst mit Stromstärke 3 seinen Anker anzieht, läfst sich die unzuverlässige Neutralisirung der Stromstärke 2 im Uebertrager R' durch einen Localstrom beseitigen. Fig. 10 und Fig. 11 stellen zwei derartige Stromschemas dar. Die Buchstaben haben dieselbe Bedeutung, wie oben angegeben. Berücksichtigt man, dafs die starken Linien vom Linienstrome, die schwachen dagegen von Localströmen durchlaufen werden, so werden diese Stromläufe auch ohne specielle Beschreibung verständlich seyn. Es werde nur noch bemerkt, dafs im Schema Fig. 10 die Wirkung der Stromstärke 2 im doppelt umwundenen Magnet des Schreibapparates com-

ensirt wird, während im Schema Fig. 11 diese Compensation im Uebertrager R' durch den Linienstrom selbst geschieht, indem der Strom genöthigt ist, die beiden gleichen Spiralen des Uebertragers R' in entgegengesetzter Richtung zu durchlaufen, wenn Anker a' angezogen und dadurch seine Berührung mit seinem Ruhecontact r aufgehoben wird.

Es lassen sich mit leichter Mühe eine Menge ähnlicher Stromleitungen combiniren, durch welche die Aufgabe des Doppelsprechens mit mehr oder weniger gutem Erfolge gelöst wird. Es ist uns jedoch nicht gelungen, auf einem dieser Wege ein praktisch brauchbares Resultat zu erzielen. Dieſs läſst sich auch schon dadurch erklären, daſs beim Doppelsprechen drei verschiedene Stromstärken benutzt und regulirt werden müssen, um die telegraphischen Zeichen beider Apparate getrennt zu erhalten, während beim Gegensprechen nur zwei Stromstärken in Betracht kommen. Das Doppelsprechen scheint daher nur geringe Aussicht auf weitere Entwickelung zu haben [1]).

[1]) Hr. Dr. Stark hat in Heft 10, Jahrg. II des Journ. d. deusch-öster. Telegraphen-Vereins zwei Schema's für Doppelsprechen angegeben, von denen das eine mit dem zuerst beschriebenen nahe übereinstimmt. Das andere, mit 3 Uebertrager, ist wenigstens nicht zweckmäſsiger wie die von uns versuchten. Obschon wir eine Publication unserer Versuche bisher unterlassen haben, indem wir dieselben vorher gänzlich durchzuführen wünschten, so haben wir doch im Laufe des vorigen Jahres häufig mündlich und schriftlich Mittheilungen darüber an alle Diejenigen gemacht, welche sich für die Sache interessirten. Im August v. J. theilte ich u. A. auch Hrn. Prof. Pouillet in Paris einige Stromschema's zur Aufnahme in ein im Druck begriffenes Werk mit.

Am Schlusse seines Aufsatzes stellt Hr. Dr. Stark eine irrthümliche Behauptung auf, welche nicht unberührt bleiben darf, da sie beweist, daſs auch er die Ansicht des Hrn. Dr. Gintl, daſs elektrische Ströme einander gleichsam durchdringen, ohne sich gegenseitig zu stören, theilt! Er behauptet nämlich, daſs sich das Gegensprechen mit dem von ihm beschriebenen Doppelsprechen verbinden lasse, man mithin mit vier Telegraphen *gleichzeitig* durch denselben Draht telegraphiren könne. Gegen- wie Doppelsprechen durch denselben Draht und mit Morse'schen Schreib- oder überhaupt solcher Telegraphen, welche zur Darstellung ihrer Zeichen Ströme verschiedener Dauer bedürfen, ist nur durch Veränderung der

Der Vollständigkeit wegen will ich noch einen Versuch anführen, den Halske und ich anstellten, um die mehrfache gleichzeitige Benutzung eines Drahtes auf ganz abweichendem Wege zu erreichen.

Wenn man in schneller Reihenfolge Ströme von gleicher Stärke und Dauer und wechselnder Richtung, wie sie in der Spirale eines Eisenankers, welcher vor den Polen eines kräftigen Magnetes rotirt, erzeugt werden, durch die Spirale eines Elektromagnetes gehen läfst, so wird im Eisenkerne desselben kein Magnetismus erzeugt. Ein gleichzeitig von diesen Strömen durchlaufener elektro-dynamischer Uebertrager (z. B. ein Weber'sches Elektrodynamometer mit Contactvorrichtung) wird aber durch sie in Thätigkeit gesetzt. Durch einen schwachen constanten Strom, den man allein oder gleichzeitig mit den wechselnden Strömen durch dieselben Spiralen gehen läfst, wird dagegen der Elektromagnet zur Wirkung kommen, während der dynamische Uebertrager, welcher stärkerer Ströme bedarf, durch ihn nicht afficirt wird. Man kann daher auf diese Weise, wenn die oscillirenden Ströme hinlängliche Stärke haben, das Doppelsprechen mit Sicherheit ausführen. Da sich sowohl beim oscillirenden wie beim einfachen Strome das oben beschriebene Gegensprech-Verfahren anwenden läfst, so ist hierdurch auch die Möglichkeit gegeben, Doppel- und Gegensprechen zugleich anzuwenden.

Für die practische Benutzung ist diese Methode jedoch ebenso wenig geeignet. Die Anwendung so starker Ströme, wie ein elektrodynamischer Uebertrager sie erfordert, ist im Allgemeinen unzweckmäfsig. Namentlich sind aber so schnell wechselnde Ströme, wie sie erforderlich sind, damit der elektromagnetische Uebertrager ganz unthätig bleibt, deswegen nicht brauchbar, weil sie nicht auf grofse Entfernungen fortgepflanzt werden können. Bei unterirdischen oder Unterseе-Leitungen bedarf diese Erscheinung wohl kaum ein-

Stromstärke im Leitungsdraht möglich. Gegen- und Doppelsprechen in bisher beschriebener Weise mufs sich daher nothwendig gegenseitig stören, ist mithin nicht gleichzeitig ausführbar.

ren Begründung. Die von mir zuerst in diesen Blät-
) beschriebene, später mehrseitig und namentlich durch
ntersuchungen Faraday's bestätigte, elektrostatische
ıg konsumirt kurze alternirende Ströme gänzlich. Sind
tromwechsel beträchtlich schneller wie die Ladungs-
für den ganzen Draht, so werden zwar positive und
ive Ladungswellen sich im Drahte hintereinander fort-
ren, müssen jedoch im Fortschreiten in einanderfliefsen
adurch sehr schnell an Intensität verlieren. Wie ich in
besonderen Abhandlung über die Ladungserscheinun-
päter nachweisen werde, sind auch die oberirdischen
ıgen als grofse Leydener Flaschen, wenn auch von
geringerer Capacität wie unterirdische von gleichen
ısionen, zu betrachten, bei denen die zwischen Draht
:rde befindliche Luft die Stelle des Glases der Flasche
tt. Sowohl die hieraus folgende Ladung oberirdischer
e, wie die stets unvollkommene Isolation derselben
lie damit verbundene, mit der Stromrichtung wech-
ı Polarisation des Drahtes und der die Verbindung
er Erde herstellenden Platten, bewirken eine mit der
:nung von der Quelle der alternirenden Ströme schnell
enden Schwächung derselben.

X. *Ueber einige Beugungserscheinungen; von H. Meyer in Leipzig.*

leicht durch Beugung der Lichtstrahlen an den Rändern des Wassertropfens. Die durch den Tropfen *W* Fig. 7 Taf. I hindurchgehenden Strahlen geben am Rande zu den *nach innen* enger werdenden Beugungsfransen Anlafs[1]), während die am Rande des Tropfens vorbeigehenden Strahlen weitere *nach aufsen* enger werdende Beugungsfransen veranlassen, die allerdings nur im kurzsichtigen Auge deutlicher hervortreten, s. Fig. 8 und 9. — Dafs wir es hier mit einer Beugungserscheinung und nicht mit einfacher Interferenz zu thun haben, wird nicht nur durch die regelmäfsige Abnahme der Breite der hellen und dunklen Streifen, sondern auch dadurch bewiesen, dafs man die durch Tropfen bedingte Beugung auch noch dann wahrnimmt, wenn das Auge nur die äufsersten Strahlen aufnimmt, also das Bild des Tropfens nicht mehr mit dem Bilde der Lichtquelle zusammenfällt, wie z. B., wenn das Auge in der Richtung *A* Fig. 7 sich befindet.

Auch die von Dr. Poppe beschriebenen Erscheinungen dürften eine ähnliche Erklärung zulassen.

2. Bringt man statt des Tropfens einen dunklen Fleck auf die Glasplatte und bringt diesen zwischen Auge und Lichtquelle, so treten nur die nach aufsen enger werdenden Beugungsfransen ein. Das kurzsichtige Auge sieht in der Lichtscheibe eine dunkle, von nach aufsen enger werdenden hellen und dunklen Beugungsstreifen umgebene Stelle, welche mit dem Entfernen der Glasplatte vom Auge gröfser wird. In der deutlichen Sehweite sind die Beugungsstreifen nicht mehr wahrnehmbar, treten jedoch wieder auf, wenn auch weniger deutlich als innerhalb der deutlichen Sehweite, wenn die Weite des deutlichen Sehens überschritten ist. Durch die Brille vermag man die Beugungsstreifen in der durch die sphärische Abweichung ebenfalls etwas vergröfserten Scheibe nicht mehr deutlich zu unter-

1) Die Berechnung dieser Abstände der einzelnen Ringe von einander kann ähnlich wie in der Abhandlung »Ueber Beugungserscheinungen im menschlichen Auge« (welche in diesen Ann. Bd. 96, S. 603 erschienen ist) näher ausgeführt erfolgen.

scheiden; es zeigt sich nur ein mit einem hellen Rande versehener kleiner dunkler Fleck, der dunkle Gegenstand mag sich innerhalb oder aufserhalb der deutlichen Sehweite befinden.

Ist der dunkle Punkt sehr klein, so zeigt sich innerhalb der deutlichen Sehweite *eine kleine helle Scheibe* mit hellen und dunklen, nach aufsen enger werdenden Beugungsringen umgeben, wie auch der Theorie der Beugungserscheinungen vollkommen entspricht. Die helle Scheibe wird um so kleiner, je weiter man die Glasplatte vom Auge entfernt; aufserhalb der deutlichen Sehweite (über 9 Zoll entfernt) zeigt sich wieder eine dunkle, mit nach aufsen enger werdenden Interferenzstreifen umgebene Scheibe, welche um so gröfser wird, je weiter man die Glasplatte vom Auge entfernt.

Sehr gut (weit besser als an kleinen dunklen Punkten) lassen sich diese Erscheinungen an den im gewöhnlichen Fensterglase fast immer in ziemlich grofser Anzahl vorhandenen kleinen Bläschen beobachten. Durch die Brille sind diese Erscheinungen viel schwieriger wahrnehmbar, ohne dieselbe zeigen sie sich jedoch sehr deutlich.

Auf die Kanten undurchsichtiger Gegenstände, die man zwischen Auge und die Lichtquelle bringt, zeigen deutlich die durch Beugung verursachten Interferenzstreifen.

3. Diese Beugungserscheinungen hat, wie schon mehrfach angedeutet, namentlich das kurzsichtige Auge häufig Gelegenheit wahrzunehmen; so wird man dieselben z. B. stets wahrnehmen, wenn sich die Brille mit kleinen Wassertröpfchen bedeckt, oder wenn man, nachdem es geregnet, durch die mit Wassertröpfchen und Wasserstreifen bedeckte Fensterscheibe nach einem entfernten Lichtpunkte, z. B. eine Strafsenlaterne, hinsieht. Ohne Brille wird man auch dann noch *deutliche* Beugungserscheinungen wahrnehmen, wenn sich die Fensterscheibe nicht innerhalb, sondern über deutliche Sehweite vom Auge entfernt befindet; da, wie wir oben bereits gesehen haben, das kurzsichtige Auge auch die Beugungsfransen deutlich wahrnimmt, welche durch

die an dem Wassertröpfchen vorbeigehenden Strahlen erzeugt werden. Die Wasserstreifen geben natürlich dabei dem Streifen folgende mehr oder weniger gebogene Beugungslinien.

Beim Durchsehen durch eine befeuchtete Glasfläche nach einer entfernten Lichtquelle sieht das kurzsichtige Auge auch sehr viel Stellen, welche sich, wenn die Glasfläche aufserhalb deutlicher Sehweite ist, als kleine *helle* Scheiben umgeben von 1 bis 2 hellen Ringen darstellen; mit dem Nähern der Glasfläche werden die hellen Scheiben kleiner, in der deutlichen Sehweite sind nur noch kleine helle Punkte wahrnehmbar und innerhalb der deutlichen Sehweite gehen sie in mit der Nähe immer gröfser werdende, mit Interferenzringen umgebene kleine *dunkle* Scheiben über. Diese Stellen werden durch auf der Glasfläche befindliche Staubtheilchen erzeugt, an welchen die Feuchtigkeitsschicht in die Höhe steigt, Taf. I Fig. 10. Auch kleine Gallen im Glase zeigen diese Erscheinung.

X. *Allgemeine Methode zur Bestimmung der elektrischen und magnetischen Induction;* *von Beer in Bonn.*

Eines der wichtigsten Probleme in der Statik der Elektricität und des Magnetismus besteht darin, die Vertheilung auf oder in einem Körper zu finden, der keine Coërcitivkräfte hat und unveränderlichen vertheilenden Kräften unterworfen ist; auf dasselbe läfst sich die Bestimmung der Vertheilung bei einem Systeme zurückführen, das aus inducirenden und inducirten Körpern beliebig zusammengesetzt ist. Ich habe mich bisher vergebens nach einer

allgemeinen und directen Methode, jene Aufgabe zu lösen, umgesehen, und theile daher hier eine solche mit, auf die ich durch das Princip der elektrischen und magnetischen Bilder hingeführt wurde, mittelst dessen Thomson auf äufserst elegante Weise die elektrischen Verhältnisse zweier Kugeln, sowie die magnetische Vertheilung in einer unbegränzten ebenen Platte behandelt hat. Ich betrachte zunächst die *elektrische* Induction.

Es sey also S eine leitende Fläche; eine solche verhält sich wie die Oberfläche eines Conductors, wenn die vertheilenden Massen aufserhalb des letzteren liegen, und sie verhält sich, wenn sie abgeleitet wird, wie die Fläche einer Höhlung, welche inducirende Massen einschliefst. Das Potential des vertheilenden Idioelektricums sey V. Das Element des Raumes, der von der Fläche S umschlossen wird, heifse dK, das der Fläche selbst dS. Die von irgend einem Punkte ausgehenden Leitstrahlen mögen mit r bezeichnet werden. Ferner werde eine Differentiation nach der von Innen nach Aufsen gerichteten Normale durch $\vartheta \ldots$, sowie die Operation $\frac{d^2 \ldots}{dx^2} + \frac{d^2 \ldots}{dy^2} + \frac{d^2 \ldots}{dz^2}$ durch $\Delta^2 \ldots$ angedeutet.

Wenn nun *erstlich* der idioelektrische Körper aufserhalb der Fläche S liegt, so verschwindet in der ganzen Ausdehnung des von ihr umschlossenen Raumes der Ausdruck $\Delta^2 V$, und man hat dem bekannten Green'schen Satze gemäfs für jeden Punkt des erwähnten Raumes:

$$1) \quad V = \int \frac{\vartheta\left(\frac{V}{4\pi}\right)}{r} . dS + V',$$

$$V' = -\int V . \vartheta\left(\frac{1}{4\pi r}\right) . dS.$$

Die Function V' ist offenbar selbst wiederum eine Potentialfunction, und der Ausdruck $\Delta^2 V'$ verschwindet allenthalben im Innern von S. Dabei leuchtet ein, dafs V' — welches innerhalb S zwischen dem gröfsten und kleinsten Werthe liegt, den die Function V auf der Fläche S selbst annimmt — im Allgemeinen gleichförmiger als V verläuft.

Wenden wir auf V' den Satz 1) an, so kommt:

$$V' = \int \frac{\partial\left(\frac{V'}{4\pi}\right)}{r} . dS + V'',$$

$$V'' = -\int V' . \partial\left(\frac{1}{4\pi r}\right) . dS,$$

und die Function V'' zeigt innerhalb S eine geringere Veränderlichkeit als V'.

Die Fortsetzung der bisher vorgenommenen Operationen und die Combination der allmählich zum Vorscheine kommenden Gleichungen liefert:

$$V = \int \frac{\partial\left(\frac{V}{4\pi}\right)}{r} . dS + \int \frac{\partial\left(\frac{V'}{4\pi}\right)}{r} . dS + \int \frac{\partial\left(\frac{V''}{4\pi}\right)}{r} . dS + \ldots$$

$$\pm \int dS . \partial\left(\frac{1}{4\pi r}\right) \int dS . \partial\left(\frac{1}{4\pi r}\right) \int \ldots . \int dS . \partial\left(\frac{1}{4\pi r}\right) . V.$$

Wenn die Anzahl der Operationen wächst, so nähert sich der letzte Ausdruck linkerhand einer constanten Gröfse C, und somit ergiebt sich folgende bemerkenswerthe Entwickelung der Potentialfunction:

$$V = C + \Sigma \int \frac{\partial\left(\frac{V^{(n)}}{4\pi}\right)}{r} . dS,$$

wo man hat:

$$C = \lim . \int dS . \partial\left(\frac{1}{4\pi r}\right) \int dS . \partial\left(\frac{1}{4\pi r}\right) \int \ldots . \int dS . \partial\left(\frac{1}{4\pi r}\right) . V$$

$$V^0 = V$$

$$V' = -\int V . \partial\left(\frac{1}{4\pi r}\right) . dS$$

$$V'' = -\int V' . \partial\left(\frac{1}{4\pi r}\right) . dS = +\int dS . \partial\left(\frac{1}{4\pi r}\right) \int dS . \partial\left(\frac{1}{4\pi r}\right) . V$$

u. s. w.

Ohne Weiteres ergiebt sich aus Obigem für die Dichtigkeit ϱ derjenigen particulären Ladung des Conductors, bei welcher im Inneren des Conductors das Potential den Werth C hat:

$$\varrho = -\frac{1}{4\pi} \Sigma \partial V^{(n)}.$$

Und eben diese Ladung erzeugt in einem aufserhalb des Leiters gelegenen Punkte das Potential:

$$W = -\Sigma \int \frac{\partial \left(\frac{V^{(\alpha)}}{4\pi}\right)}{r} . dS.$$

Wenn die inducirenden Massen *zweitens* innerhalb der Fläche S liegen, so findet man für die aufserhalb gelegenen Punkte mittelst des Green'schen Satzes die Gleichung:

$$-V = \int \frac{\partial \left(\frac{V}{4\pi}\right)}{r} . dS + \int \frac{\partial \left(\frac{V'}{4\pi}\right)}{r} . dS + \int \frac{\partial \left(\frac{V''}{4\pi}\right)}{r} . dS + ..$$
$$\pm \int dS . \partial \left(\frac{1}{4\pi r}\right) \int dS . \partial \left(\frac{1}{4\pi r}\right) \int .... \int dS . \partial \left(\frac{1}{4\pi r}\right) V.$$

Im Gegensatze zu dem vorher behandelten Falle nähert sich hier das letzte vielfache Integral bei Fortsetzung der Operationen stets der Gränze Null. Es ergiebt sich uns also hier, wie diefs auch zu erwarten war, nur eine einzige Lösung, nämlich:

$$V = -\Sigma \int \frac{\partial \left(\frac{V^{(\alpha)}}{4\pi}\right)}{r} dS.$$

Für die Dichtigkeit der Elektricität, die auf der Fläche S inducirt wird, wenn letztere abgeleitet wird oder als Begränzung einer Höhlung anzusehen ist, findet man ferner

$$\varrho = +\frac{1}{4\pi} \Sigma \partial V^{(\alpha)}.$$

Und das Potential der inducirten Elektricität für den ganzen aufserhalb S befindlichen Raum ist gleich $-V$.

Zur Verification der obigen Resultate eignet sich vorzüglich ein sphärischer Conductor. Bei einem solchen läfst sich für V stets eine Entwickelung mit den Laplace'schen Kugelfunctionen nehmen und kann man mit Hülfe der für diese bestehenden Theoreme die sämmtlichen Integrationen leicht ausführen.

Eine besonders nahe liegende Anwendung findet die geferte Entwickelung der Potentialfunction bei der Frage h der Anordnung der Elektricität auf einem Systeme von

geladenen Conductoren. So ergiebt sich z. B. Folgendes für einen einzigen isolirten Conductor. Man denke sich die Oberfläche desselben gleichförmig mit positiver Elektricität von der Dichtigkeit 1 belegt. Das aus dieser Belegung entspringende Potential sey V. Alsdann drückt sich die Dichtigkeit ϱ der Ladung, welche allenthalben im Innern des Leiters das Potential p erzeugt, wie folgt aus:

$$\varrho = \frac{p}{C}\left(1 - \frac{1}{4\pi}\Sigma\vartheta V^{(n)}\right).$$

Hier bedeuten C und $V^{(n)}$ dieselben Gröfsen, wie früher.

In Betreff der *magnetischen* Induction begnügen wir uns hier mit der Mittheilung des Resultates, welches sich in dem Falle ergiebt, wo der inducirte Körper nicht krystallinisch ist, und der inducirende Körper ganz aufserhalb des inducirten liegt.

Es sey wiederum V das vertheilende Potential, S die Oberfläche des inducirten Körpers. Die Inductionsconstante, solche in dem Sinne genommen, wie sie Green in seinem Essay nimmt, werde durch k bezeichnet. Zunächst findet man dann, dafs Alles sich genau so verhält, als ob das einzelne Element des inducirten Körpers für sich genommen, lediglich dem folgenden Potentiale ausgesetzt wäre:

$$\frac{1}{4\pi}\left[\varkappa V + \varkappa^2 V' + \varkappa^3 V'' + \ldots\right],$$

wo zu setzen ist:

$$\varkappa = \frac{4\pi k}{1 + 2.\frac{4\pi k}{3}}$$

$$V' = -\int V.\vartheta\frac{1}{4\pi r}.dS,$$

$$V'' = -\int V'.\vartheta\frac{1}{4\pi r}.dS,$$

u. s. w.

Ferner ergiebt sich folgende einfache Darstellung der Wirkung des inducirten und des inducirenden Körpers. Man belege die Oberfläche S mit magnetischem Fluidum von der Dichtigkeit:

$$\varrho = -\frac{1}{4\pi} \Sigma \varkappa . \vartheta V^{(a)},$$

und bezeichne das von dieser Belegung herrührende Potential durch W. Aufserhalb des inducirten Körpers herrscht alsdann das Gesammtpotential

$$V + W.$$

Und der magnetische Zustand des einzelnen Elementes im inducirten Körper ist genau derselbe, als ob das Element keinem anderen Einflusse unterworfen wäre, als dem des Potentiales

$$\frac{3-2\varkappa}{3(1-\varkappa)}(V + W).$$

Die drei letzten Formeln gehen natürlich, wenn $\varkappa = 1$ gesetzt wird, in die für die statische Elektricität geltenden Ausdrücke über.

Wendet man die obige Methode auf den Fall einer unbegränzten ebenen Platte an, so stöfst man sofort auf die von Thomson für solche gelieferte Entwickelung.

XI. *Ueber die chemische Zusammensetzung des Leucits und seiner Zersetzungsprodukte; von C. Rammelsberg.*

Unstreitig gehört der Leucit durch seine Eigenschaften und sein Vorkommen zu den interessantesten Mineralien. Fast immer krystallisirt, und zwar nur in einer einzigen Form, unschmelzbar im gewöhnlichen Feuer [1]), durch Säuren aber leicht zersetzbar, spielt er in der Geschichte der Mineralchemie eine denkwürdige Rolle, weil Klaproth im J. 1796 in ihm das Kali zuerst als einen Mineralbestand-

1) Ich habe ihn vermittelst des Knallgasgebläses zu einem durchsichtigen Glase geschmolzen, doch erfolgt die Schmelzung fast ebenso schwer wie die der Thonerde.

theil nachwies, nachdem dasselbe stets als Pflanzenalkali gegolten hatte. Bei diesem Anlafs erhielten auf Klaproth's Vorschlag Kali und Natron ihre jetzt allgemein gebräuchlichen Namen. Kieselsäure, Thonerde und Kali sind die Bestandtheile des Leucits, gleichwie des Orthoklases, und während dieser viel mehr Säure und weniger Kali enthält als jener, ist er seltsamerweise doch unvergleichlich leichter schmelzbar als der Leucit.

Die geologischen Verhältnisse des Leucits sind nicht weniger eigenthümlich. So viel man weifs, beschränkt er sich auf ältere und neuere Laven, findet sich aber auch nur in einem sehr kleinen Bezirk, nämlich in dem vulkanischen Gebiete Mittelitaliens vom Vesuv an, dessen ältere und neuere Lava durch ihn charakterisirt ist, nördlich über Rom hinaus bis zur toskanischen Gränze, so wie aufserdem an der Westseite des Laacher See's und am Kaiserstuhl im Breisgau, an diesen beiden Punkten jedoch nie in deutlichen gröfseren Krystallen, sondern in Körnern, zum Theil schon verwittert, in alten Laven, von deren Ergufs keine geschichtliche Ueberlieferung vorhanden ist.

In den vulkanischen Gesteinen Italiens, welche, wie die Vesuvlaven, Leucit enthalten, läfst sich meist nur noch die Augitsubstanz wahrnehmen, welche gleichsam die Grundmasse für die porphyrartig eingewachsenen Leucitkrystalle bildet, daher man eine solche Lava wohl mit dem Namen Leucitophyr bezeichnet.

Sehr häufig ist dort der Leucit in jenen vulkanischen Conglomeraten oder Tuffen, welche aus Fragmenten alter eruptiver Massen bestehen, und unter dem Wasser sich schichtenförmig abgelagert haben, wie in dem Peperino, welcher vorzüglich Reste von dolomitischem Kalk und von Augitlava in eckigen Bruchstücken einschliefst, und als vortreffliches Baumaterial von den Römern vielfach benutzt wurde.

Die Gleichförmigkeit der mineralogischen und geologischen Kennzeichen des Leucits läfst auf eine constante und

einfache Zusammensetzung schliefsen. Unsere Kenntnisse von der letzteren gründen sich auf die Analysen Klaproth's und eine spätere von Arfvedson, welche, wenn auch die Bestimmung der einzelnen Bestandtheile, namentlich des Kalis, beim heutigen Stand der Wissenschaft nicht ganz genau erscheinen, die Zusammensetzung des Leucits unzweifelhaft erkennen lassen. Sie lehren nämlich, dafs der Sauerstoff des Kalis, der Thonerde und der Kieselsäure sich wie 1 : 3 : 8 verhalten, woraus die chemische Constitution als 1 At. Kali-Bisilikat, verbunden mit 3 At. Thonerde-Bisilikat, sich leicht ergiebt.

Nachdem neuere Erfahrungen gezeigt hatten, dafs das Kali im Orthoklas stets von kleinen Mengen Natron begleitet wird, fand auch Awdejew im Leucit 1 Proc. des letzteren auf. In den weiterhin anzuführenden Analysen G. Bischof's steigt der Natrongehalt des Leucits auf 6 Proc., ja Abich hat sogar in Körnern von Leucit fast 9 Proc. dieses Alkalis angegeben, und solche natronreiche Arten mit dem Namen *glasiger Leucit* bezeichnet.

Obgleich unbezweifelt ein Product vulkanischen Ursprungs, ist doch auch der Leucit gleich vielen anderen Silicaten der Verwitterung ausgesetzt. Davon giebt schon das Ansehen mancher Leucitkrystalle Zeugnifs, welche statt halb durchsichtig oder durchscheinend und ungefärbt zu seyn, und die Härte des Feldspaths, so wie glasglänzenden Bruch zu besitzen, weifs oder grau, undurchsichtig erscheinen, im Bruche wachsglänzend oder erdig und viel weicher sind. Auch ihr specifisches Gewicht ist nicht das des frischen Leucits, welches man = 2,48 annehmen kann, da nach meinen Erfahrungen an vesuvischem Leucit

halbdurchsichtige farblose Krystalle . . . . = 2,488
durchscheinende, etwas rissige Krystalle, von der Eruption des 22. April 1845 . . . . = 2,472
gröfsere graue schwach durchscheinende aber scharf ausgebildete Krystalle . . = 2,468 — 2,484
derbe Leucitmasse, farblos und durchsichtig, aus Lava von 1811 . . . . . = 2,480

gefunden wurden.

Ursprünglich blofs mit einer Untersuchung der Veränderungen beschäftigt, welchen der Leucit unterliegt, erkannte ich bald die Nothwendigkeit, durch eigene Versuche auch die ursprüngliche Mischung des Minerals, namentlich seinen Gehalt an Natron, zu ermitteln. Es folge hier ein Ueberblick der vorhandenen und meiner eigenen Analysen, mit Uebergehung derer von Klaproth und Arfvedson.

1. Grofse reine stark durchscheinende Krystalle, von grünem Augit begleitet, von Monte Somma.

2. Regelmäfsige durchscheinende Krystalle von Glasglanz, im Innern von Sprüngen durchsetzt, äufserlich etwas braun, poröse Lava anhaftend. Von der Eruption des 22. April 1845.

3. Aehnliche Krystalle, angeblich am 10. Februar 1847 ausgeworfen.

4. Derbe Leucitmasse, farblos und durchsichtig, mitten in einer porösen schwarzen Vesuvlava vom Jahre 1811 eingewachsen.

5. Weifse Körner aus der nämlichen Lava, in welcher sie in reichlicher Menge eingewachsen sind. Einzelne zeigen Leucitoëder-Flächen.

	1.	2.				3.	4.	5.
	Awdejew.	Bischof.	Rammelsberg. *a.*	*b.*	*c.*	Bischof.	R.	R.
Kieselsäure	56,05	57,84	56,24	56,05	57,15	56,49	56,10	56,25
Thonerde	23,03	22,85	23,02	23,16	23,24	22,99	23,22	23,26
Kali	20,40	12,45	19,88	20,04	19,46	15,21	20,59	20,04
Natron	1,02	6,04	0,56	0,30	0,63	3,77	0,57	0,43
Kalkerde	—	0,20	—	—	—	0,04	—	0,32
Eisenoxyd	—	0,14	—	—	—	—	—	—
Glühverlust	—	0,59	0,52	0,52	0,52	1,48	—	—
	100,50	100,11	100,22	100,07	101,00	94,98	100,48	100,40

Die Sauerstoffmengen sind hier:

	$\dot{K}$	:	$\dot{Na}$	:	$\ddot{Al}$	:	$\ddot{Si}$		$\dot{R}$	:	$\ddot{Al}$	:	$\ddot{Si}$
1.	3,46	:	0,26	:	10,75	:	29,10	=	1,04	:	3	:	8,1
2. B.	2,11	:	1,54	:	10,67	:	30,03	=	1,04	:	3	:	8,4

ıgeengt, nach dem Erkalten mit wenig Wasser befeuchtet, t Alkohol von 90 Proc. übergossen, und nach vollständi- m Aufweichen und kurzem Absetzenlassen auf ein gewo- nes Filtrum gebracht. Der Niederschlag wird bei 140° etrocknet und gewogen. Das Filtrat wird mit Salmiakauf- sung versetzt, filtrirt, das Filtrat zur Trockne verdampft, r Verflüchtigung der Ammoniaksalze stark erhitzt, in Wasser gelöst, wobei ein wenig Platin zurückbleibt, und s Chlornatrium abgedampft. Sein Gewicht stimmte immer emlich nahe mit dem durch Differenz gefundenen überein, elches letztere, als unstreitig genauer, in dem Resultat als latron aufgeführt ist.

Um beurtheilen zu können, welcher Genauigkeit diese lethode fähig ist, habe ich es nicht für überflüssig gehal- en, einige directe Versuche anzustellen.

a) 1,33 Grm. Chlorkalium und 0,711 Chlornatrium wur- en ganz in der angeführten Art behandelt. Sie gaben ,354 Kaliumplatinchlorid, während die Rechnung 4,352 ver- ngt.

b) 1,237 Chlorkalium und 0,986 Chlornatrium wurden Wasser aufgelöst, mit einigen Tropfen Chlorwasserstoff- ure, der nöthigen Menge Platinchlorid und dem vierfachen olum Alkohol versetzt. Nach 24 Stunden wurde der Nie- erschlag abfiltrirt. Er betrug 4,054, während er 4,048 hätte tragen sollen.

Das Kaliumplatinchlorid wurde überdiefs auf einen mög- chen Gehalt an Natronsalz geprüft. In einem Strom Was- erstoffgas reducirt, und mit Wasser ausgewaschen, gab es e der Rechnung entsprechende Menge Platin; die Flüssig- eit liefert durch Abdampfen Chlorkalium, welches vor dem öthrohr keine Anzeige auf Natron gab.

Es ist, wie ich glaube, durch die angeführten Versuche rwiesen, dafs die Trennung der beiden Alkalien mit Ge- uigkeit ausführbar ist; statt 100 Th. Kali wurden in *a*) 0,06 und in *b*) 100,3 Th. wiedererhalten, ein geringer Ueberschufs, welcher, wenn er constant wäre, für 20 Proc. Kali im Leucit 0,01 und 0,06 Proc. ausmachen würde. Ueber-

[illegible] die in *a)* befolgte Methoc [illegible] welche den Vorzug verdient.

[illegible] führen mithin zu dem Resultat, [illegible] geringe Menge Natron enthalten [illegible] das Vorhandenseyn eines Leu[illegible] 1 At. oder noch etwas mehr Natro[illegible] würde. Er fand nämlich in [illegible] Körner, deren sp. Gew. = [illegible]:

			Sauerstoff
Kieselsäure	55,81		28,98
Thonerde	24,23		11,31
Kali	10,40	1,76	3,73
Natron	8,83	1,97	
	99,27		

[illegible]

[illegible] der That das Sauerstoffverhältni[illegible] Leucit = 1 : 3 : 8. Das spec. G[illegible] Leucits ist aber beträchtlich gröſser.

[illegible] Bedenken tragen, die Existenz ein[illegible] Leucits anzunehmen, trotzdem die Sul[illegible] war, und ich in den weiſsen Körne[illegible] Lava nur gewöhnlichen Leucit gefunden [illegible] Substanz der weiterhin zu beschreib[illegible] Pseudomorphosen von Leucitform in c[illegible] zwar einem solchen Natron-Leucit entspr[illegible] aber nichts als ein Gemenge von [illegible] und Nephelin wäre. Es ist deshalb [illegible] daſs die von Abich untersuchte [illegible] Gemenge war.

[illegible] des Leucits giebt sich zunächst d[illegible] Ueberzug zu erkennen. Von di[illegible] kleinen Krystalle von höchstens e[illegible] welche mit Augit und etwas gl[illegible] festes Gestein bei *Rieden* am *Laa*[illegible]

[illegible] S. 20.

bilden. Im Innern sind sie unverändert, schliefsen aber stets etwas scharfkantige Augitmasse ein.

Dieser Leucit ist von G. Bischof untersucht worden, und *b* sind Krystalle aus verschiedenem Gestein, von denen die letzteren mit Säuren etwas brausen.

	a.		Sauerstoff.	*b.*		Sauerstoff.
Kieselsäure	54,36		28,22	56,22		29,19
Thonerde	24,23		11,31	23,07		10,77
Kali	16,52	2,80	3,80	13,26	2,25	3,95
Natron	3,90	1,00		6,40	1,64	
Kalkerde	—			0,23	0,06	
Eisenoxyd	—			0,48		
Glühverlust	0,64			—		
	99,65.			99,66.		

Das Sauerstoffverhältnifs

$$\dot{R} : \ddot{Al} : \dddot{Si}$$

ist in $a = 1{,}0 : 3 : 7{,}5$

in $b = 1{,}1 : 3 : 8{,}1.$

Hiernach hat dieser Leucit noch nahe die normale Zusammensetzung, obwohl es in *a* an Säure fehlt, und in *b* etwas zuviel Alkali vorhanden ist. In Bezug auf die Menge des Natrons entsprechen beide Analysen Bischof's seinen oben angeführten vom vesuvischen Leucit.

Nirgends läfst sich die Verwitterung des Leucits in gröfserem Maafsstabe nachweisen, als an den Laven der *Rocca Monfina*. Dieser erloschene Vulkan, an Masse den Vesuv bei weitem übertreffend, wurde im J. 1793 von Breislak entdeckt und beschrieben [1]). Er erhebt sich nordwestlich von Neapel über der Stadt *Sessa*, zeigt einen theilweise eingestürzten Krater und mächtige Lavaströme, und wurde in neuerer Zeit von Abich näher untersucht.

Die Lava der *Rocca Monfina* besteht aus einer grauen Grundmasse, in welcher man Augit, der zum Theil zu einer

[1]) Auszug aus Sc. Breislak's physikalischer Topographie von Campanien. L. v. Buch im *Journ. de Phys. VI.* 325. (Gilbert's Ann. Bd. 5, S. 396.)

thonigen Masse verwittert ist, etwas glasigen Feldspath und rothbraunen Glimmer erkennen kann. In dieser Grundmasse liegen zahlreiche und zum Theil aufserordentlich grofse Leucitkrystalle, von wohl erkennbarer Form, welche sich gleich jener in einem mehr oder weniger vorgeschrittenen Zustande der Zersetzung befinden. Im Allgemeinen kann man zwei verschiedene Arten unterscheiden, eine feste, deren Masse gelblich und wachsglänzend ist, und eine andere, deren Masse weifs und erdig, kaolinähnlich erscheint.

A. Die erste Art läfst sich aus der Lava leicht herausschlagen, und zeigt auf der Oberfläche eine rauhe, aber dünne Rinde, während das Innere oft ganz homogen, schwach durchscheinend, wachsglänzend ist, und schwarze Einschlüsse von Augit- oder Hornblendemasse enthält. Die Härte ist viel geringer als die des frischen Leucits; das spec. Gew. fand ich = 1,820, mithin gleichfalls viel niedriger.

Wir verdanken G. Bischof eine Untersuchung dieser Krystalle. *a* ist die Zusammensetzung der äufseren Schicht, *b*, die von mittleren Parthien, und *c* die des Innern. Da in *b* und *c* der Glühverlust nicht bestimmt wurde, so ist *a* zugleich auf wasserfreie Substanz berechnet. Die Kieselsäure in *a* und *c* wurde nicht bestimmt.

Zu meinen Analysen dienten zwei gröfsere Krystalle, deren Masse, nach Entfernung der dünnen Rinde, homogen erschien. Die Analysen sind mittelst Chlorwasserstoffsäure gemacht, welche diesen Leucit vollkommen zersetzt. Das Material theilten mir die HH. Krantz in Bonn und Descloizeaux in Paris mit.

	Bischof.				Rammelsberg.	
	a.		*b.*	*c.*	*a.*	*b.*
Kieselsäure	57,28	58,10	56,45	56,32	56,83	55,90
Thonerde	22,44	22,76	24,35	23,99	22,32	23,98
Kali	17,12	17,36	17,43	17,54	19,88	18,74
Natron	1,75	1,78	1,98	2,15	0,09	0,42
Kalkerde	Spur	—	—	—	0,24	0,25
Glühverlust	1,41	—	—	—	0,60	0,89
Chlor	—	—	—	—	0,03	Spur
	100.	100.	100,21.	100.	99,99.	100,18.

Dieser Leucit weicht mithin in Betreff seiner Zusammensetzung gerade nicht bedeutend von dem frischen ab, und die Verwitterung, welche das Ansehen, die Härte und spec. Gewicht so wesentlich modificirt hat, besteht vorzugsweise in einer Auflockerung der Masse, welche gleichsam als der Vorläufer der chemischen Metamorphose anzusehen ist.

Die Sauerstoffmengen sind

		$\dot{R}$	:	$\dddot{Al}$	:	$\dddot{Si}$				
B.	*a.*	3,39	:	10,63	:	30,16	=	0,96	: 3 :	8,5
	b.	3,46	:	11,37	:	29,31	=	0,91	: 3 :	7,7
	c.	3,52	:	11,20	:	29,24	=	0,94	: 3 :	7,8
R.	*a.*	3,46	:	10,42	:	29,50	=	0,99	: 3 :	8,5
	b.	3,36	:	11,20	:	29,02	=	0,90	: 3 :	7,8.

Während bei constant angenommener Menge Thonerde Kieselsäure bald hinzugetreten, bald fortgeführt seyn müfste, zeigt sich, der Natur des Verwitterungsprocesses gemäfs, die Menge der Alkalien vermindert.

B. Die zweite Art von Leucitkrystallen von der *Rocca Monfina* besteht ganz und gar aus einer weifsen zerreiblichen Masse, die man leicht für eine Art Kaolin halten möchte. Dieselbe verliert beim Glühen viel Wasser, dessen Menge in sechs Versuchen

6,27
7,88
9,03
9,23
9,29
10,10 Proc.

ausmachte, was auf ein ungleichförmiges Gemenge schliessen läfst.

Ein grofser Krystall wurde zerkleinert, von den eingewachsenen schwarzen Augitpartikeln befreit, und diente dann zu folgenden Versuchen.

1) Ein Theil, feingepulvert, gab nach dem Aufschliessen mit kohlensaurem Natron:

	Na	K	Ca	Äl	Si	H
a.	2,25	0,33	0,19	12,26	27,68	8,03
		2,77				
b.	3,06	0,11	0,08	11,71	27,72	8,23
		3,25				

Oder:

$$a = 0{,}68 : 3 : 6{,}77 : 1{,}96$$
$$b = 0{,}83 : 3 : 7{,}10 : 2{,}11.$$

Der chemische Proceſs, welcher diese Leucitpseudomorphose hervorbrachte, bestand also nicht in einer einfachen Ersetzung des Kalis durch Natron und gleichzeitiger Wasseraufnahme, sondern es wurde weniger Natron aufgenommen, als das Aequivalent des Kalis beträgt, und zugleich ein Theil Kieselsäure entfernt, so, daſs das Product im Ganzen der Bisilicatmischung beinahe wieder entspricht. Die Analysen geben den Beweis, daſs die Metamorphose nicht bis zur Bildung einer einzigen bestimmten Verbindung fortgeschritten ist.

Von groſsem Interesse dagegen ist die angebliche Verwandlung des Leucits in *Feldspath*. Scacchi fand nämlich in einer älteren Vesuvlava Krystalle von Leucitform, welche nach ihm im Innern aus kleinen durchsichtigen Krystallen von *glasigem Feldspath* bestehen [1]). Blum bestätigte diese Beobachtung an Exemplaren der Heidelberger Sammlung [2]), und obwohl es ihm nicht gelang, deutliche Krystalle von Feldspath aufzufinden, bemerkte er doch deutliche Spaltungsflächen in der Masse.

Die Lava, in welcher diese Krystalle sich finden, ist ein festes, dichtes Gestein von grauer Farbe, in welchem Augit und gröſsere Krystalle von glasigem Feldspath liegen. Der Leucit zeigt äuſserlich die ihm eigenthümliche Form; das Innere der porphyrartig eingewachsenen gröſseren und

1) Haidinger in den Sitzungsberichten der Akad. d. Wiss. zu Wien. 1849. Heft 3. Silliman in *Edinb. N. phil. Journ.* 1852. 147.

2) Pseudomorphosen II. Nachtrag. S. 23.

kleineren Krystalle hat aber ein durchaus fremdartiges Ansehen. Zuweilen ist es von einer schwach grünlich weifsen krystallinischen Masse ganz ausgefüllt, meistens läfst dieselbe jedoch in der Mitte eine Höhlung. Sie ist so mürbe, dafs sie bei geringem Druck sich leicht in ein Pulver verwandelt.

Ich fand das spec. Gewicht dieser Substanz an den beiden analysirten Proben

an 1 = 2,552
2 = 2,566.

Ihr chemisches Verhalten ist nicht das des Leucits. Sie wird nämlich von Chlorwasserstoffsäure nur theilweise zersetzt. Wasser enthält sie nicht.

Zur Analyse diente theils ein gröfserer Krystall, den ich durch Vermittelung des Hrn. Zinken j. von Prof. Scacchi erhalten hatte (1), theils ein Stück jener Lava, im Besitz des Hrn. Mitscherlich, von welchem mir Derselbe gestattete, das nöthige Material für die Analyse (2) zu entnehmen.

Beide Analysen wurden nach demselben Plane ausgeführt.

a ist die Analyse mit Chlorwasserstoffsäure, *A* der zersetzte, *B* der unzersetzte Theil, letzterer durch Fluorwasserstoffsäure aufgeschlossen.

b ist die Zusammensetzung des Ganzen durch Addition von *A* und *B* in *a*.

c ist eine Analyse des Ganzen mit Fluorwasserstoffsäure.

d ist das Mittel von *b* und *c*.

1.

	a.		*b*.	*c*.	*d*.
Kieselsäure	18,39		58,30		57,37
Thonerde	12,11		23,80	24,70	24,25
Kalkerde	0,56		0,96	1,61	1,28
Talkerde	0,17		0,17	0,37	0,27
Kali	4,10		10,94	11,24	11,09
Natron	5,50		5,80	5,64	5,72
	A =	40,83	90,97		99,98

Kieselsäure	(39,91)	
Thonerde	11,69	
Kalkerde	0,40	
Kali	6,84	
Natron	0,30	
	B =	59,14
		99,97.

2.

	a.		*b.*	*c.*	*d.*
Kieselsäure	24,00		58,78		57,62
Thonerde	12,47		24,05	25,40	24,72
Kalkerde	0,71		0,71	0,40	0,55
Kali	2,86		11,50	10,36	10,93
Natron	5,25		5,25	7,38	6,32
	A =	45,29	100,29		100,14

Kieselsäure	(34,78)	
Thonerde	11,58	
Kali	8,64	
Natron	Spur	
	B =	55,00
		100,29

Der Glühverlust betrug 0,4 Proc.; die vorstehenden Angaben beziehen sich auf wasserfreie Substanz.

Zieht man die Zusammensetzung der Substanz dieser Krystalle als Ganzes in Betracht (Spalte *d*), so sind die Sauerstoffproportionen:

	$\dot{R}$	:	$\ddot{Al}$	:	$\ddot{Si}$				
1.	3,82	:	11,32	:	29,78	=	1,0	: 3 :	7,9
2.	3,62	:	11,54	:	29,91	=	0,9	: 3 :	7,8.

Diese Verhältnisse sind so nahe = 1 : 3 : 8, dafs man die Substanz als einen *Natron-Leucit* betrachten könnte, welcher auf 2 At. Natron 3 At. Kali enthält. Er hätte dann ein höheres spec. Gewicht als der gewöhnliche, selbst ein höheres, als der von Abich untersuchte noch natronreichere. Allein seine nur theilweise Zersetzbarkeit durch Säu-

ren, und die ungleiche Mischung des Zersetzten und Unzersetzten sprechen gegen diese Ansicht.

Wäre die Substanz aber Feldspathsubstanz, so entspräche sie dem noch fraglichen *Andesin*; dann müfste ihr spec. Gewicht jedoch viel höher liegen, indem der sogenannte Andesin nach Jacobson's und meinen Wägungen 2,67 hat, und überdiefs gleiche At. *Kalkerde* und Natron neben wenig Kali enthält.

Auf meine Bitte untersuchte Hr. G. Rose die Exemplare dieser eigenthümlichen Substanz, welche das Königl. Mineralienkabinet besitzt, und fand, dafs dieselbe hauptsächlich aus glasigem *Feldspath* und *Nephelin* besteht, welche beide mitunter erkenn- und mefsbare Krystalle bilden, und dafs Augit und Titanit zuweilen darin vorkommen.

Diese interessante Beobachtung findet nun in meinen vorher schon angestellten Analysen die vollste Bestätigung; auch hatte ich, gestützt auf dieselben, und insbesondere auf das Verhalten der Substanz gegen Chlorwasserstoffsäure, dasselbe Resultat durch die Rechnung erhalten, jedoch nicht gewagt, es als eine erwiesene Thatsache anzusehen, welche nun freilich durch G. Rose's genaue Beobachtungen zweifellos dasteht. Denn wenn auch der Nephelin durch Säuren zersetzt wird, der Feldspath ihnen Widerstand leistet, so kann doch die Trennung zweier solcher Silicate durch jene niemals scharfe Resultate geben, weil die Säure auch das sogenannte unzersetzbare Silicat angreift, namentlich aber einen Theil seiner stärkeren Basen extrahirt, und diefs um so mehr, je feiner vertheilt dasselbe in der Masse ist oder durch Pulvern in einen solchen Zustand versetzt wird. Verdünntere Säure hebt diesen Uebelstand nicht ganz auf und läfst vielleicht auch einen Theil des zersetzbaren Silicats unzerlegt. Ist nun das Material überhaupt seiner Seltenheit wegen in beschränkter Quantität vorhanden, so sieht man sich aufser Stande, vergleichende Versuche in dieser Richtung anzustellen.

Noch auf eine andere Schwierigkeit bei der Trennung derartiger Silicate möchte ich aufmerksam machen. Um die

Kieselsäure des zersetzbaren Gemengtheils zu erhalten, wird der beim Behandeln des Ganzen mit der Säure gebliebene Rückstand bekanntlich nach dem Glühen und Wägen mit einer starken Auflösung von kohlensaurem Natron ausgekocht. Wenn man diese Operation mehrfach wiederholt, kann man sich leicht überzeugen, dafs dadurch das Gewicht des Rückstandes immer noch eine Verminderung erfährt, dafs es also schwer ist, die freigewordene Kieselsäure von dem Unzersetzten scharf zu trennen.

Nephelin und glasiger Feldspath sind qualitativ gleich zusammengesetzt aus Kieselsäure, Thonerde, Kali, Natron und geringen Mengen Kalk, allein im Nephelin herrscht das Natron, im Feldspath das Kali vor, und während in beiden der Sauerstoff der starken Basen und der Thonerde sich wie 1 : 3 verhält, ist die Menge der Säure im Feldspath $2\frac{1}{2}$mal gröfser als im Nephelin.

Sauerstoffverhältnifs

$$\dot{R} : \ddot{Al} : \ddot{Si}$$

im Nephelin $= 1 : 3 : 4\frac{1}{2} = \dot{R}^2\,\ddot{Si} + 2\ddot{Al}\,\ddot{Si}$

im Feldspath $= 1 : 3 : 12 = \dot{R}\,\ddot{Si} + \ddot{Al}\,\ddot{Si}^3$

Denkt man sich nun ein Gemenge aus 4 At. Nephelin und 7 At. Feldspath, so sind die Sauerstoffmengen:

4 At. Nephelin	= 8	: 24	: 36
7 - Feldspath	= 7	: 21	: 84
	15	: 45	: 120

15 : 45 : 120 ist aber = 1 : 3 : 8, d. h. *ein Gemenge aus Nephelin und Feldspath kann genau die Zusammensetzung eines Natron haltigen Leucits haben.*

So ist es im vorliegenden Falle, wie die oben mitgetheilten Analysen der Substanz als Ganzes zeigen.

Geht man nun von Scheerer's Analysen des Nephelin's vom Vesuv aus, so findet man, dafs darin auf 1 At. Kali 5 At. Natron, und auf 2 At. Kalk im Durchschnitt 3 At. Kali kommen; es berechnet sich daher die Zusammensetzung des Minerals nach der Formel

$$\left.\begin{matrix} \frac{15}{20}\,\dot{Na} \\ \frac{3}{20}\,\dot{K} \\ \frac{2}{20}\,\dot{Ca} \end{matrix}\right\}^2 \ddot{Si} + 2\,\ddot{Al}\,\ddot{Si}$$

Kieselsäure	45,04
Thonerde	33,36
Natron	15,19
Kali	4,59
Kalkerde	1,82
	100.

Berechnet man hiernach in *d* die Menge des Nephelins, so erhält man:

	1.	2.
Kieselsäure	17,46	17,80
Thonerde	12,93	13,18
Natron	5,72	6,00
Kali	2,04 [1])	1,81
Kalkerde	0,70	0,73
	38,85	39,51.

Und es bleibt ein Rest, enthaltend:

			Sauerstoff.				Sauerstoff.
Kieselsäure	39,91		20,72	39,82			20,67
Thonerde	11,32		5,28	11,54			5,39
Kali	9,05	1,54	1,81	9,12	1,55	1,63	
Natron	—	—		0,32	0,08		
Kalkerde	0,58	0,16		—			
Talkerde	0,27	0,11		—			
	61,13.			60,80.			

Dafs dieser Rest *Feldspath* (Orthoklas) sey, ergiebt ein Blick auf das Sauerstoffverhältnifs zur Genüge.

Ein Vergleich mit den durch Chlorwasserstoffsäure erhaltenen Resultaten (*a*) zeigt, dafs die Trennung beider Mineralien durch Chlorwasserstoffsäure annähernd gelungen war. Nur hatte die Säure in 1 auch den Feldspath angegriffen und ihm Kali entzogen, während in 2 der zersetzte Antheil zu viel Kieselsäure enthält.

1) Für etwas fehlendes Natron ist das Aequivalent von Kali genommen.

Die Substanz der Krystalle bestand mithin aus etwa 40 Proc. Nephelin und 60 Proc. glasigem Feldspath.

Hiermit steht nun auch ihr spec. Gewicht im Einklang. Denn beide Gemengtheile haben gleiche Dichtigkeit; Nephelin = 2,56 (Scheerer) und glasiger Feldspath = 2,55 (G. Rose).

Diese merkwürdige Pseudomorphose des Leucits, wobei sich derselbe in zwei Verbindungen gleichsam gespalten hat, wie der Augit von Arendal nach Forchhammer in Hornblende und Granat, führt natürlich auf die Frage, ob dabei ein Bestandtheil aufgenommen oder fortgegangen sey, d. h. ob der ursprüngliche Leucit ein wahrer Natron-Leucit gewesen sey, oder ob das Natron von aufsen, d. h. in wässeriger Auflösung hinzugeführt wurde.

Zur Entscheidung dieser Frage gehört der noch zu liefernde Beweis des Vorhandenseyns eines solchen Natron-Leucits, welcher, wie uns scheint, durch die Angaben Abichs nicht sicher gegeben ist.

Schliefslich mag die Analyse der grauen porösen Vesuvlava vom J. 1811 folgen, aus welcher der derbe Leucit (Analyse 4) stammt, und in welcher auch die weifsen Leucitkörner (Analyse 5) in Menge vorkommen.

1. Bruchstück der Lava an und für sich.

2. Grobes Pulver, aus welchem zuvor die Leucitkörner für die Analyse Nr. 5 grofsentheils ausgelesen worden waren.

A. Durch Chlorwasserstoffsäure zerlegbarer Theil. Eine besondere Probe mit dem Material von 1 diente zur Bestimmung von Eisenoxyd und Oxydul. *B.* Unzerlegbarer Theil, und zwar Mittel je zweier Versuche, in denen er mit kohlensaurem Natron und mit Fluorwasserstoffsäure aufgeschlossen wurde.

	1.	2.
A =	79,76	59,95
B =	20,24	40,05

A.

	1.	2.
Kieselsäure	37,04	24,38
Thonerde	18,50	12,13
Eisenoxyd	4,68	6,19
Eisenoxydul	3,18	4,21
Kalkerde	3,26	3,35
Talkerde	0,06	0,02
Kali	8,04	6,74
Natron	1,94	1,35
Kupferoxyd	0,56	0,40
Glühverlust	0,19	0,10
	77,45	58,87.

B.

Kieselsäure	9,44	24,96
Thonerde	4,16	5,65
Eisenoxydul	1,82	1,96
Kalkerde	2,49	4,52
Talkerde	1,42	1,25
Kali	0,90	0,91
Natron		0,33
	20,23	39,58.

Ganze Lava.

	1.	2.	Sauerstoff.
Kieselsäure	46,48	49,34	25,62
Thonerde	22,66	17,78	8,30
Eisenoxyd	4,68	6,19	1,86
Eisenoxydul	5,00	6,17	1,37
Kalkerde	5,75	7,87	2,24
Talkerde	1,48	1,27	0,51
Kali	8,94	7,65	1,30
Natron	1,94	2,68	0,69
Kupferoxyd	0,56	0,40	
Glühverlust	0,19	0,10	
	97,68	99,45.	

der zweiten Probe, aus welcher ein Theil des Le
entfernt war und schon deshalb die Menge von

gröfser seyn mufs, findet man weniger Thonerde und Kali, dagegen mehr Kalk und Natron, welche immer schon in *A* auftreten. Es geht hieraus hervor, dafs in der Lava neben Leucit, dessen Menge, nach Maafsgabe der Analyse 5 berechnet, in 1 = 37,8 Proc., in 2 = 36 Proc. ist, Augit und Magneteisen, ein Natron- und Kalk-haltiges Silicat vorhanden ist, dessen Natur sich indessen aus den Analysen nicht mit Sicherheit erkennen läfst.

XII. *Ueber den Carnallit; von Heinr. Rose.*

Bei der Abteufung des bekannten Schachtes zur Gewinnung des Steinsalzes in Stafsfurt fanden sich in dem oberen Teufen des Lagers mehrere Salze, die offenbar wegen ihrer leichteren Löslichkeit als obere Lagen aus der concentrirten Mutterlauge durch eine äufserst langsame Krystallisation später sich abgeschieden haben, als das Steinsalz, zu welchem man bis jetzt noch nicht gedrungen ist. Ich erhielt durch Herrn Tuchen in Stafsfurt eine Reihe von diesen Salzen, unter denen besonders ein durch sehr geringe Mengen von Eisenoxyd roth gefärbtes Salz meine Aufmerksamkeit auf sich zog. Dasselbe bildet grofskörnige Massen, die im Bruche muschlig und stark glänzend von Fettglanz sind, aber durch leichte Anziehung von Feuchtigkeit eine Oberfläche erhalten, die matt, aber doch in gewissen Richtungen schimmernd ist, als ob sie Spaltungsflächen enthielten, wovon aber in frischem Bruche nichts zu sehen ist; doch zeigen sich im Bruch häufig gerade parallele Linien, die sich von Zeit zu Zeit wiederholen, und auf Zwillingsverwachsung schliefsen lassen. Sie lösen sich aber leicht im Wasser mit Hinterlassung von einer sehr geringen Menge glimmerartiger rother Blättchen von Eisenoxyd, von welchem die filtrirte Lösung ganz frei ist. Diese enthält Chlorkalium und Chlormagnesium, so wie auch etwas

Chlornatrium. Letzteres ist aber nur gemengt in dem I
[illegible] von Chlorkalium und Chlormagnesium entha
[illegible] man ein Stück von dem Salze längere Zeit an
[illegible] legen, so dass es bedeutend feucht wird, so kann
[illegible] besonders durch die Lupe, mehrere Li
[illegible] Stücke von Chlornatrium darin entdecken. — Die
[illegible] des Salzes enthält entweder gar keine Schwefelsä
[illegible] sehr unbedeutende Spuren davon; hingegen
[illegible] in etwas grösserer Menge darin enthalten. — Au
[illegible] im Salze eine sehr geringe Spur von Brom n
[illegible] und eine noch weit unbedeutendere
[illegible] Die Zusammensetzung des Salzes ist nach z
[illegible] Gehülfe, Hr. Oesten, ausgeführt
[illegible]

	I.	II.
Chlormagnesium	31,46	30,51
Chlorkalium	24,27	24,27
Chlornatrium	5,10	4,55
Chlorcalcium	2,62	3,01
Schwefelsaure Kalkerde	0,84	1,26
Eisenoxyd (eingemengt)	0,14	0,14
Wasser (als Verlust)	35,57	36,26
	100,00	100,00.

Der Wassergehalt wurde übrigens noch besonders
[illegible] und zwar zu 37,27 Proc., indem das Salz mit ein
Uebermaafs von frisch geglühtem Blei erhitzt wurde. I
Verlust ist hier etwas grösser, weil wahrscheinlich in d
untersuchten Stücke weniger Chlornatrium eingemengt w

Nicht nur das Chlornatrium und der Eisenglimmer s
dem Doppelsalze von Chlorkalium und von Chlormagnesi
eingemengt, sondern auch die geringe Menge von Chl
calcium und von schwefelsaurer Kalkerde. Letztere ist
dem Salze als Anhydrit enthalten, der ein Lager über
aufgedeckten Salzmasse bildet. Das Chlorcalcium al
[illegible] wasserhaltigen Zustande im Salze. In der Analys
[illegible] Chlorcalcium mit 2,54 Proc. Wasser, und in
[illegible] mit 2,91 Proc. verbunden, so dafs das Kryst
[illegible] des Doppelsalzes in beiden Analysen

3,03 und 33,35 Proc. ausmacht. — Das Chlorkalium ist mit dem Chlormagnesium gerade in dem Verhältnifs verbunden, dafs 1 Atom des ersteren Salzes mit 2 Atomen des letzteren Salzes in der Doppelverbindung vereinigt ist. Dann beträgt die Menge des Krystallwassers gerade 12 Atome. Das Salz ist also wesentlich $K\,Cl + 2\,Mg\,Cl + 12\,\dot{H}$. Es ist diefs also dasselbe Doppelsalz, welches Liebig aus der Mutterlauge der Soole von Salzhausen in der Winterkälte und Marcet durch behutsame Abdampfung der letzten Muttterlauge des Meerwassers erhalten haben.

Da das Doppelsalz in sehr grofser Menge in Stafsfurt vorzukommen scheint, so verdient es als Mineralspecies einen besonderen Namen. Ich schlage den Namen Carnallit vor, nach Hrn. v. Carnall, dem der Bergbau in Preufsen so viel verdankt.

XIII. *Die Zusammensetzung des Domit's vom Puy-de-Dôme;*
von Dr. Gustav Lewinstein in Heidelberg.

Durch Hrn. Geh. Rath Mitscherlich erhielt ich ein Stück Domit vom Puy-de-Dôme zur Untersuchung, und da, so viel mir bekannt, nur zwei Analysen dieses Minerals, von Berthier [1]) und Girardin [2]) veröffentlicht sind, welche beide das Kali und Natron nicht getrennt haben, so scheint die Veröffentlichung einer neuen Analyse nicht ganz überflüssig.

Der Domit ist von hellgrauer Farbe, geringer Härte, und hat einen dem Sandstein ähnlichen Bruch; sein spec. Gewicht ist bei 7° C. = 2,605.

1) *Nouveau moyen d'analyser les pierres alcalines*; *par P. Berthier. Ann. de chim. et phys. XVII.* 28.

2) *Analyse du Domite léger du Puy-de-Dôme*; *par J. Girardin. Journal de pharm. XIV.* 601.

Die Analyse habe ich nach derselben Methode ausgeführt, die ich bei meiner Untersuchung über den glasigen Feldspath angewandt, und bei der Veröffentlichung derselben beschrieben habe [1]). Die zur Untersuchung angewandte Menge betrug $1^{grm},1175$, und erhielt ich

Thonerde	$= 0{,}2338$		
Eisenoxyd	$= 0{,}0326$		
CaO, CO_2	$= 0{,}0028$	$= CaO$	$= 0{,}0016$
$\dot{Mg}\,\ddot{P}$	$= 0{,}0093$	$= MgO$	$= 0{,}0033$
$KCl + NaCl$	$= 0{,}2629$		
Kaliumplatinchlorid	$= 0{,}5149$	$= KO$	$= 0{,}0993$
Schwefels. Natron	$= 0{,}1061$	$= NaO$	$= 0{,}0562$

Zur Bestimmung der Kieselsäure wurden angewandt: $0^{grm},9563$, und erhalten:

$$SiO_3 = 0{,}5828$$
$$Fe_2O_3 + Al_2O_3 = 0{,}2378$$

Wasserbestimmung:

Angewandt $= 1^{grm},2134$
Erhalten $HO = 0\ ,0046.$

Man erhält also:

					Sauerstoff.
SiO_3	$= 60{,}97$	$69{,}95$			$31{,}64$
Al_2O_3	$= 20{,}92$	$20{,}91$	$9{,}77$	}	$10{,}91$
Fe_2O_3	$= 3{,}81$	$3{,}81$	$1{,}14$	}	
CaO	$= 0{,}14$	$0{,}14$	$0{,}04$	}	$2{,}94$
MgO	$= 0{,}29$	$0{,}29$	$0{,}11$	}	
NaO	$= 5{,}03$	$5{,}03$	$1{,}29$	}	
KO	$= 8{,}88$	$8{,}87$	$1{,}50$	}	
HO	$= 0{,}38$	$100{,}00.$			
	$100{,}42.$				

Die von Girardin gefundene organische Materie konnte ich nicht bemerken, obgleich ich, wie er vorschreibt, den Domit längere Zeit mit Alkohol von 36°, und aufserdem auch mit absolutem Alkohol und mit einem Gemenge von Alkohol und Aether behandelt habe, so dafs sie wohl nur

1) Ueber die Zusammensetzung des glasigen Feldspaths. Berlin 1856.

ine zufällige Beimengung bei seinem zur Untersuchung ngewandten Gestein war.

Es ist wohl möglich, das ein Theil des Eisens im Domit ls Eisenoxydul vorkommt, denn beim Erhitzen ändert sich die Farbe; es würde alsdann der Wassergehalt etwas grö-ser seyn, doch ist er so klein, dafs bei einer directen Bestimmung die möglichen Fehler die Differenz übersteigen würden, weshalb ich diese nicht ausführte.

Auffallend ist beim Domit der bedeutende Gehalt an Alkali, da er seinem Ansehen nach als ein in Zersetzung begriffener Trachyt erscheint, und sich die Zersetzung zuerst durch allmähliches Abnehmen des Gehalts an Alkali zu eigen pflegt.

XIV. *Beschreibung eines neuen Minerals von Felsöbanya in Ungarn;* *von Adolf Kenngott in Wien.*

Schon vor längerer Zeit wurde mir ein Mineral von Felsöbanya in Ungarn zur Ansicht vorgelegt, welches ich als neu erkannte, wovon mir aber kein Material zur Bestimmung übergeben werden konnte. Man hielt dasselbe für Freieslebenit, mit dem es aber, abgesehen von der Uebereinstimmung in der Qualität der Bestandtheile, wenig Aehnlichkeit hat. Später erhielt ich durch die zuvorkommende Güte des k. k. Rechnungsofficial Hrn. L. Kaczvinsky zwei Exemplare desselben Minerals zur näheren Erforschung.

Obgleich auf diese Weise mir das Material nur unvollkommen zu Gebote stand, da die Exemplare bei möglichster Schonung keine zur Analyse hinreichende Menge hergeben konnten, so war es doch möglich, durch sie und in von anderer Seite noch zur Ansicht gegebenes Exem-

[illegible] dass das Mineral eine neue Mineralsp[illegible] für welche ich vorläufig noch keinen Name [illegible] in der Hoffnung, dass fernere Untersuchungen ei[illegible] zur Unterscheidung und Benennung taug[illegible] Merkmale ergeben würden.

Das Mineral, welches in die Ordnung der Glanze un[illegible] wahrscheinlich in das Geschlecht der Bournonit-Glanze z[illegible] stellen kommen wird, bildet tafelartige aufgewachsene Kry[illegible] stalle von eisenschwarzer Farbe, welche in das klinorhom[illegible] bische System gehören. Diese Krystalle bilden, wie Fig. 11 Taf. I angiebt, die Combination der als Basisflächen ge[illegible] wählten Flächen *c* mit den Flächen einer klinorhombischen Pyramide, deren beiderlei Flächen in der Figur mit *o* und *u* bezeichnet sind. Die beiden Hemipyramiden sind nicht immer gleichzeitig vorhanden, sondern es tritt auch bald die eine, bald die andere vorherrschend auf, so dass man die der zweiten nur in Spuren oder gar nicht bemerkt (Fig. 12 und 13 Taf. I). Mehr aufliegende Krystalle lassen noch vorherrschend die an der sichtbaren Fläche *e* anliegenden Flächenpaare der einen und der anderen Hemipyramide sehen, während die anderen Paare nur äufserst schmal auftreten. Diese sichtbaren Variationen hängen auch mit der Gröfse der Krystalle zusammen, indem dem bloßen Auge bei den kleineren die zurückgedrängten Flächen mehr verborgen bleiben, da aus einem später anzuführenden Grunde die sehr schmalen Flächen weniger scharf hervortreten. Aufser diesen Flächen kommen noch mannigfache andere untergeordnet vor, so namentlich oft ein hinteres Querhemidoma, als Abstumpfung der Combinationsecken *ooo*, ein Längsdoma als Abstumpfungsfläche der Combinationsecken *ooo*, die Längsflächen, bis drei Hemipyramiden, welche um diese Fläche herumliegen und die Querflächen, alle genannten Flächen sehr klein und durch Messung jetzt nicht bestimmbar. Der spitze Winkel in der Fläche *e* beträgt etwa 42°.

Messungen mit dem Anlegegoniometer sind die Krystalle klein, indem sie bei einer Länge der Queraxe

bis zu etwa 12 Mllm., höchstens eine Dicke von 2 Mllm. erreichen, und die vorherrschenden Flächen nicht eben sind. Das Reflexionsgoniometer ist nicht anwendbar aus dem letzteren Grunde und weil, wenn die kleinen Flächen wirklich eben sind, ein Ueberzug die Messung hindert. Ueberdiefs sind die Flächen nur wenig glänzend bis schimmernd. Die Flächen der beiden Hemipyramiden *u* und *o* sind gestreift, die der Hemipyramide *o* parallel den klinodiagonalen Endkanten; die der Hemipyramide *u* parallel den orthodiagonalen Endkanten und die Streifung geht bis zur Kerbung über. Die Basisflächen *e* sind parallel ihrer längeren Diagonale oder parallel der Queraxe gestreift, doch ist diese Streifung seltener, und wenn sie vorhanden ist, nur schwach. Dazu sind die ganzen Krystalle wie mit einem dünnen Firnifs überzogen, welcher Ueberzug von der Zersetzung eines früher vorhandenen Minerals herrührt und wahrscheinlich ein Eisensinter, Pitticit oder Glockerit ist. Die Krystalle des Glanzes waren nämlich gleichzeitig mit einem zweiten Minerale auf der Oberfläche eines quarzigen Gesteins abgesetzt worden, welches letztere verwitterte und nur halbkuglige Hohlräume zurückliefs, zum Theil erfüllt mit zerreiblichen braunem Eisenocher. Bei manchen ist noch eine Rinde deutlich erkennbar, die auch braun gefärbt, glänzend, sehr mürbe und zerbrechlich ist. Dieselbe läfst auf ihrer Oberfläche erkennen, dafs das früher vorhandene Mineral halbkuglige Aggregate verwachsener Krystalle bildete. Die damit verwachsenen und auch für sich aufgewachsenen Krystalle des neuen beschriebenen Glanzes haben vollkommen der Verwitterung widerstanden und dadurch die stellenweise Erhaltung der lockeren Reste ermöglicht.

Was die weiteren Eigenschaften betrifft, so ist Spaltbarkeit nicht zu bemerken gewesen, der Bruch ist muschlig, die Bruchflächen sind glänzend; die Farbe ist eisenschwarz, welches auf dem Bruche noch deutlicher als auf der Oberfläche ist, weil der firnifsartige Ueberzug von brauner Farbe die Oberflächenfarbe verdeckt, desgleichen

sieht man auch auf den Bruchflächen den Metallglanz besser als auf der Oberfläche, die nur wenig glänzte. Undurchsichtig. Härte = 2,5. Etwas spröde und leicht zerbrechlich. Strich schwarz. Das spec. Gew. wurde = 6,06 gefunden, doch kann diese Zahl nur als annähernd betrachtet werden, weil das dazu verwendete Bruchstück eines Krystalls nur 0,05 Gr. wog und der firnifsartige Ueberzug nicht ganz entfernt werden konnte.

Vor dem Löthrohr ist das Mineral auf Kohle leicht schmelzbar zu einer schwarzen glänzenden Kugel, welche in der Reductionsflamme hinlänglich lange behandelt ein geschmeidiges Silberkorn hinterläfst. Die Menge des Silbers wurde durch eine eigene Probe auf etwa 30 Proc. gefunden. Die Kohle beschlägt mit den Oxyden des Antimons und Blei und die wesentlichen Bestandtheile des Minerals sind Silber, Blei, Antimon und Schwefel. Aufserdem scheint das Mineral auch etwas Zink zu enthalten, was jedoch nicht mit hinlänglicher Sicherheit bestimmt werden konnte.

Aufser den Krystallen der neuen Species und den zersetzten Gruppen früherer Krystalle, welche auf der Oberfläche eines mit kleinen Qnarzkrystallen besetzten quarzigen unkenntlich gewordenen Gesteinstückes (vielleicht nur dichtem Quarz) aufgewachsen sind, und dem Ueberzug bildenden Eisensinter sieht man einzelne kleine Parthien Bleiglanz nahe der Oberfläche eingesprengt und auf der Rückseite kleine gelbe lamellare Barytkrystalle.

XV. *Notiz über Pyritkrystalle in Quarz; von Adolf Kenngott in Wien.*

Vor Kurzem kaufte das hiesige k. k. Hof-Mineralien-Kabinet ein ausgezeichnet schönes Exemplar in wasserhellen

Quarz eingeschlossenen krystallinisirten Pyrits, dessen Beschreibung bei der allgemeinen Aufmerksamkeit, welche die krystallisirten Einschlüsse in krystallisirten Mineralien auf sich gezogen haben, von einigem Interesse erscheint.

Dem Quarz (Bergkrystall), welcher den krystallisirten Pyrit enthält, wurde wegen des Einschlusses auf Veranlassung eines der früheren Besitzer eine elliptisch-sphäroïdische Gestalt durch Schleifen gegeben und derselbe rundum polirt. Die zwei eingeschlossenen Krystalle, welche, wie es auch der Zweck dieser Behandlung war, man sehr deutlich und getrennt neben einander sieht, sind fast ringsum mit der gröfsten Regelmäfsigkeit ausgebildet und nur bei dem einen ein Stückchen durch den Schliff fortgenommen, wodurch erst die Species bestimmbar wird.

Die Krystalle stellen vorherrschend das Octaëder dar von 7 Mllm. Axenlänge, dessen Ecken zugeschärft sind durch die Flächen eines Dyakishexaëders $\frac{\infty O n}{2}$, die Zuspitzungsflächen gerade auf die Kanten aufgesetzt, die Hauptkanten des letzteren oder die Zuschärfungskanten endlich sind abgestumpft durch die Flächen des Hexaëders. Die Combination $O.\frac{\infty O n}{2}.\infty O \infty$, welche bei dem Pyrit ungleich seltener, bei dem Kobaltin von Tunaberg viel öfter in diesem Verhältnisse auftritt, läfst auch im ersteren Augenblicke an letzteren denken; ja man würde ohne einen Durchschnitt durch die Krystallmasse die Species nicht erkennen. Wie bei vielen Einschlüssen im Quarz, so sind auch hier Farbe und Glanz des eingeschlossenen Minerals gänzlich unkenntlich; die Krystalle haben durch den Reflex des fest anliegenden, zum Theil durch die gegenseitige Berührung in den kleinsten Theilchen gestörten Quarzes starken demantartigen Metallglanz und eine zwischen Silberweifs und Kupferroth liegende Farbe, die bei dem einen ins Stahlblaue geht. Der oben erwähnte Schnitt allein, durch welchen der eine Krystall ein Stückchen verlor, zeigt die Masse als die des Pyrits. Der Fundort ist unbekannt.

[illegible] *[illegible]nannter Licht*
[illegible] *[illegible] Vollkomm*
[illegible] *Farben;*
[illegible] *[illegible]ger.*

[illegible] Vollkommenheit
[illegible] man auf folge
[illegible] verschafft man
[illegible] gefertigte, mit ei
[illegible] 4 bis 5 Zoll Du
[illegible] nach zuvori
[illegible] das man in
[illegible] einer gewöhnlic
[illegible] hatte, derart e
[illegible] 2 Linien hoh
[illegible] Einen besond
[illegible] und *schwarz*
[illegible] diese dünnen f
[illegible] form erkalt
[illegible] freie, spiegelglat
[illegible] nung ein heifs g
[illegible]
[illegible] oder durch Beut
[illegible] Stoffen, habe ic
[illegible] gegengesetzt elektrisc
[illegible] geeignet gefunden, un

[illegible] *bestehenden Harzkuchens*
[illegible] und *Ultramarin*, ode
[illegible] *Mennige*, oder
[illegible] *Schwefelantimon*,
[illegible] *Schwefel.*
[illegible] *Siegellack bestehen*
[illegible]
[illegible] *Schwefel.*

b) *Schweinfurter Grün* und *Mennige*,
c) *Zinnober* und *Ultramarin*,
d) *Mennige* und *Schwefel*.

2) *Für einen aus schwarzem Siegellack bestehenden Harzkuchen*;
a) *Ultramarin* und *Schwefel*,
b) *Zinnober* und *Ultramarin*,
c) *Mennige* und *Schwefel*.

Sämmtliche hier aufgeführte Stoffe müssen auf's feinste gepülvert und gebeutelt seyn, in vollkommen trocknem Zustande gemischt und in kleine, mit Leinwand überspannte Opodeldokgläser (Gläser mit weiter Mündung) gebracht werden.

Aufserdem ist noch ein kleines: 1 oder $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser haltendes hohes Messinggewichtchen (ein gewöhnliches 4 oder 6 Loth-Gewicht) mit glatt abgeschliffnem Rande, das die bewegliche Belegung auf der Harzfläche zu vertreten hat, und daher auch durch irgend einen anderen metallenen Gegenstand, z. B. den Messingdeckel eines Fernrohrs oder Daguerreotypapparates ersetzt werden kann, erforderlich.

Vor Anstellung eines jeden Versuches ist es gut, den dünnen Harzkuchen, auf welchem man eine Staubfigur erzeugen will, direct der Flamme einer einfachen Weingeistlampe einige Augenblicke entgegenzuhalten, um theils jede Spur von Feuchtigkeit, theils die in ihm (etwa von einem früheren Versuche herrührende) noch vorhandene Elektricität zu entfernen.

Um nun z. B. eine positive Staubfigur zu erzeugen, stellt man das mit Siegellack ausgefüllte Blechschälchen flach auf die Hand, legt auf das Centrum des Harzkuchens jenes kleine Messinggewicht, und zwar mit seiner Oeffnung oder seinen ebenen Rändern nach unten, und läfst nun direct von dem positiv geladenen Conductor der Elektrisirmaschine *einen einzigen* Funken auf dieses Gewicht überschlagen. Hierauf entfernt man sich aus der Nähe der Elektrisirmaschine, wirft das kleine Gewicht behende, ohne seine Lage auf dem Harz-

kuchen im mindesten zu verändern, mittelst einer schnellenden Bewegung mit beiden Händen von dem Harzkuchen ab und bestäubt dann die glatte Harzfläche auf die bekannte Weise mit irgend einem der oben genannten Pulvergemische.

Ganz auf dieselbe Weise verfährt man bei Erzeugung von negativen Staubfiguren, indem man, den Conductor der Elektrisirmaschine mit dem Erdboden metallisch verbindend, von dem isolirten *Reibzeuge* aus, ein einziges Fünkchen auf das in's Centrum des Harzkuchens gestellte Messinggewichtchen überschlagen läfst.

Ist es einem darum zu thun, eine *gemischte,* d. h. eine aus einer positiven und negativen Figur zugleich bestehende Staubfigur zu erhalten, so braucht man nur, nachdem der vom Conductor überschlagende Funke die Stelle, an welcher das kleine Messinggewicht sich befindet, geladen hat, *das Messinggewicht leise mit dem Finger zu berühren,* es hierauf von der Harzfläche abzuwerfen, und den Harzkuchen dann zu bestäuben.

Alle diese, auf die eine oder die andere Weise, erzeugten Figuren machen, besonders wegen ihrer grofsen Symmetrie in den einzelnen Theilen, wegen ihres farbigen, lebhaften Colorits, wegen der Leichtigkeit ihres Entstehens und ihres fast nie fehlschlagenden Gelingens, sowohl auf den Laien, wie auf den Kenner, einen recht freundlichen Eindruck.

Zur Erläuterung der Theorie des Elektrophors oder elektrischer Induktionserscheinungen überhaupt pflege ich einen *möglichst dünnen,* aus dem feinsten rothen Siegellack gegossenen kleinen Harzkuchen flach auf ein gleich grofses Scheibchen von Weifsblech zu legen, sodann auf die eben angeführte Weise das kleine Gewicht auf das Centrum des Kuchens aufzusetzen, vom positiv geladenen Conductor der Maschine ein Fünkchen auf dasselbe überschlagen zu lassen, das Gewicht dann abzuwerfen, und nun zuerst die *obere,* alsdann die *untere,* dem Weifsblechscheibchen zugewandt gewesene Seite des Harzkuchens zu bestäuben. Auf diese Weise erhalte ich *gleichsam,* und zwar auf der oberen Harz-

eine *positive*, und auf der un-
theilung — eine *negative* Staub-

---

n Zusammenhang zwischen dem
uivalenz von Wärme und Arbeit
alten der permanenten Gase;
on R. Clausius.

en im Januarhefte dieser Annalen enthaltenen Auf-
e als Aequivalent der Arbeit; von R. Hoppe.)

---

erschrift citirte Aufsatz des Hrn. Hoppe
einen Theil der in meiner ersten Abhand-
echanische Wärmetheorie [1]) mitgetheilten
. Da nicht die Richtigkeit der dort gewon-
, sondern nur die Zweckmäfsigkeit des We-
m ich zu ihnen gelangt bin, in Frage gestellt
ich darin keine nothwendige Veranlassung
derung sehen, wenn ich nicht wünschte, bei
heit einige Worte zu sagen über den Stand-
welchem ich bei jenen Untersuchungen ausge-
und welcher auch bei ihrer Beurtheilung be-
werden mufs.

t mufs ich bemerken, dafs das Verdienst, wel-
e mir zuschreibt, den Satz von der Aquivalenz
und Arbeit aufgestellt zu haben, mir nicht ge-
glaube allerdings, dafs ich einiges dazu beige-
be, die theoretische Schwierigkeiten, welche dem
egenstanden, zu beseitigen, und ihn mit anderen
d Erfahrungen der Wärmelehre in die richtige
zu bringen; aber aufgestellt, und selbst experi-
stätigt war der Satz schon vor meinen Untersu-

[1]) Ann. Bd. LXXIX S. 368.

Weiterhin sagt Hoppe: »Clausius betrachtet einen speciellen, gerade nicht den einfachsten Fall, wo ein permanentes Gas erst ausgedehnt, dann unter geringerem Drucke wieder in seinen anfänglichen Zustand zurückgeführt wird, indem er den Erfolg mit dem voraus hingestellten Principe zusammenhält. Die Berechnung wird jedoch weder zur unmittelbaren Bestätigung des Principes benutzt, noch liefert sie bei Vorsetzung desselben eine deutliche Controle für ihre empirischen Grundlagen, weil diese in zu complicirter Weise angewandt sind.«

In demjenigen, was Hoppe das »Princip« nennt, scheint er mir nicht streng unterschieden zu haben, zwischen dem Hauptsatze von der Aequivalenz der Wärme und Arbeit, und der auf die permanenten Gase bezüglichen Nebenannahme. Wenigstens handelt es sich in seinem Aufsatze immer nur um die Vereinigung beider, ohne dafs der Unterschied hervorgehoben wird.

Was nun das in jenem Ausspruche über meine Rechnung gefällte Urtheil betrifft, so findet der Theil, dafs ich sie nicht zur unmittelbaren Bestätigung des Princips benutzt habe, seine einfache Erledigung darin, dafs es gar nicht meine Absicht gewesen ist, wie Hoppe, aus den Eigenschaften der Gase das allgemeine Princip, sondern umgekehrt, aus dem letzteren die Eigenschaften der Gase abzuleiten.

Den anderen Theil jenes Ausspruches, dafs meine Rechnung keine deutliche Controle für ihre empirischen Grundlagen liefere, kann ich in der darauffolgenden Entwickelung nicht hinlänglich erklärt und begründet finden. Abgesehen davon, dafs der Gang seiner Entwickelung dem meinigen entgegengestzt ist, bin ich im Wesentlichen zu denselben Schlüssen gelangt, wie Hoppe.

Wenn ein permantes Gas seine Temperatur und zugleich seine Volumen ändert, so ist die Wärmemenge, welche ihm dabei mitgetheilt werden mufs, von der, welche für dieselbe Temperaturänderung bei constantem Volumen erforderlich wäre, im Allgemeinen verschieden. Hoppe zeigt

auf eine elegante Art, dafs, wenn man annimmt, die beiden specifischen Wärmen des Gases, sowohl die bei constantem Volumen c, als auch die bei constantem Drucke c', eben unveränderliche Gröfsen, dann der Unterschied der beiden genannten Wärmemengen der bei der Volumenänderung gethanen äufseren Arbeit proportional seyn mufs; dagegen habe auf S. 392 und 93 meiner Abhandlung gezeigt, dafs, wenn man diese Proportionalität annimmt, nur die Gröfse c unabhängig vom Volumen, und die Differenz $c' - c$ unabhängig vom Volumen und von der Temperatur des Gases seyn mufs.

Hierin glaube ich die Umstände, welche in wirklicher Casalverbindung stehen, noch bestimmter ausgedrückt zu haben, als er; denn die von ihm gemachte Voraussetzung, als die Gröfsen c und c' ganz unveränderlich seyen, ist, wie man aus seinen eigenen Gleichungen leicht ersieht, zum Beweise der Proportionalität zwar ausreichend, aber nicht nothwendig, sondern es genügt dazu die von mir ausgesprochene Unveränderlichkeit der Differenz und die Unabhängigkeit der einzelnen Gröfsen von Volumen. Eine gemeinsame Abhängigkeit der beiden einzelnen Gröfsen von der Temperatur würde jener Proportionalität keinen Eintrag thun. Aus anderen Gründen ist es freilich, wie ich gleichzeitig hinzugefügt habe, wahrscheinlich, dafs die Gröfsen auch von der Temperatur unabhängig sind, und dieser Schlufs sowohl, wie der über die Unabhängigkeit vom Volumen, welche mit den damals verbreiteten Ansichten über die specifische Wärme nicht übereinstimmten, haben bekanntlich später durch die Regnault'schen Versuche ihre Bestätigung gefunden.

Den Theil jenes Ausspruches dagegen, dafs ich einen speciellen und gerade nicht den einfachsten Fall zur Betrachtung angewandt habe, erkenne ich als vollkommen richtig an, und gestehe gern zu, dafs die Darstellung dadurch complicirter geworden ist, als es nöthig war. Der Grund davon liegt aber zum grofsen Theile in den Umständen, unter welchen ich die Abhandlung schrieb. Damals standen

sich zwei Sätze in der mechanischen Wärmetheorie gegenüber, der Carnot'sche und der von der Aequivalenz von Wärme und Arbeit, welche mit einander im Widerspruche zu stehen schienen. Es kam mir nun hauptsächlich darauf an, diesen Widerspruch zu heben, und nachzuweisen, dafs bei einer geringen Modification des Carnot'schen Satzes beide Sätze sehr wohl neben einander bestehen können. Um dieses recht augenfällig zu machen, schien es mir zweckmäfsig, beide Sätze auf einen und denselben Vorgang, welcher bei der Betrachtung des Carnot'schen schon von früher her gebräuchlich war, anzuwenden, und die beiden Gleichungen, welche die Sätze analytisch darstellen, aus einer und derselben Figur abzuleiten. Hätte ich nur den einen Satz von der Aequivalenz von Wärme und Arbeit betrachten wollen, wie es Hoppe thut, so würde ich auch die Auseinandersetzung anders eingerichtet haben.

Dafs ich übrigens selbst meine erste Darstellung nicht für die zweckmäfsigste halte, geht wohl am besten daraus hervor, dafs ich später eine eigene Abhandlung [1]) geschrieben habe, welche, ohne wesentlich neue Resultate hinzuzufügen, nur dazu bestimmt ist, der ganzen Entwickelung eine andere Form zu geben, und ich hätte wohl erwarten können, dafs Hoppe auch diese bei der Beurtheilung mit berücksichtigt hätte. Ich habe darin zwar nur die allgemeinen, für alle Körper geltenden Gleichungen aufgestellt; indessen hat ihre Specialisirung bei der Anwendung auf einzelne Körperklassen gar keine Schwierigkeit, und ich will hier zum Schlusse noch kurz zeigen, wie die von Hoppe entwickelte Gleichung daraus folgt.

Es ist dort ohne Zwischenschlüsse als unmittelbares Ergebnifs des ersten Hauptsatzes die Gleichung

$$(1) \quad Q = U + A \cdot W$$

aufgestellt, worin Q die einem Körper während irgend einer Zustandsänderung mitgetheilte Wärmemenge, W die dabei gethane äufsere Arbeit und A das Wärmeaequivalent für die

1) Ueber eine veränderte Form des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie, diese Ann. Bd. XCIII, S. 481.

eine Gröfse ist, von
ier näher einzugehen,
nnen, dafs sie durch
Körpers vollständig be-
on betrachteten speciel-
örpers durch seine Tem-
eben ist, kann U als Func-
chtet werden. Zugleich ist,
e Arbeit nur in der Ueber-
entgegenwirkenden Druckes

$$\int p\,dv$$

er vorigen Gleichung, wenn man

$$dt + \left(\frac{dM}{dv} + A \cdot p\right) dv.$$

leichung auf den noch specielleren
n Gases anwenden, können wir die
actoren von dt und dv anders aus-
ieser beiden Factoren $\frac{dU}{dt}$ ist offen-
die specifische Wärme bei constan-
schreiben dafür c. Um den zweiten
soll noch die specifische Wärme bei
eingeführt werden. Dazu müssen
em Drucke stattfindenden Zusammen-
eraturzunahme und Volumenzunahme
Mariotte'schen und Gay-Lussac'-

$$p \cdot v = \frac{p_0 \cdot v_0}{a + t_0}(a + t),$$

gekehrten Werth des Ausdehnungscoëffi-
Hieraus folgt:

$$dv = \frac{p_0 \cdot v_0}{(a + t_0)\,p} dt.$$

en Werth für dv ein, so kommt:

$$dQ = \left[\frac{dU}{dt} + \frac{p_0 . v_0}{(a+t_0)p}\left(\frac{dU}{dv} + A . p\right)\right] dt.$$

Die hier in der eckigen Klammer stehende Summe stellt die Gröfse c' dar, und wenn man die Gröfse $c = \frac{dU}{dt}$ davon abzieht, so ist die Differenz:

$$c' - c = \frac{p_0 . v_0}{(a+t_0)p}\left(\frac{dU}{dv} + A . p\right),$$

und hieraus ergiebt sich für den zweiten Factor der Ausdruck:

$$\frac{dU}{dv} + A . p = \frac{a+t_0}{p_0 . v_0}(c' - c)\, p.$$

Durch Einsetzung dieser Ausdrücke in (2) erhält man:

$$(3) \quad dQ = c\, dt + \frac{a+t_0}{p_0 . v_0}(c' - c)\, p\, dv,$$

oder wenn man noch die Integration andeutet:

$$(4) \quad Q = \int c\, dt + \frac{a+t_0}{p_0 . v_0}\int (c' - c)\, p\, dv.$$

Dieses ist die gesuchte Gleichung, und ich glaube kaum, dafs man auf eine einfachere und naturgemäfsere Weise dazu gelangen kann. Auch sieht man leicht, dafs eine Abweichung des Gases vom Mariotte'schen und Gay-Lussac'schen Gesetze sich bei dieser Entwickelung ebenso bequem, wie bei der Hoppe'schen in die Gleichung einführen lassen würde.

Zürich, den 10. Februar 1856.

XVIII. *Notiz über Regnault's Bestimmung des Gewichtes von einem Liter Luft, und über die Dichtigkeit des Wassers bei Null;* von *R. Kohlrausch.*

Regnault bestimmt in seiner berühmten Arbeit das Gewicht der trocknen Luft, welche bei 0° und 760^{mm} Baro-

meterstand einen gewissen Ballon füllt, zu 12^{gr},7781. Diese Zahl mufs nach Lasch's Bemerkung (diese Annalen, Ergänzungsband III, S. 321) den Regnault'schen Datum gemäfs heifsen 12^{gr},778266, eine Correction, deren Gröfse ungefähr mit dem Beobachtungsfehler jener aus neun Wägungen gewonnenen Zahl zusammenfällt und deswegen vorgenommen werden mufs. Um das Volumen des Ballons bei 0° zu finden, füllt Regnault ihn mit luftfreiem Wasser von 0° und bestimmt dessen Gewicht gleich 9879^{gr},999. Dieses Gewicht multiplicirt mit der Zahl, welche angiebt, wie viel Mal das Wasser in seinem dichtesten Zustande dichter ist als bei 0°, giebt das Volumen des Ballons bei 0° in Cubikcentimetern. Regnault hält sich dabei an die Angabe von Pierre, nach welcher die Dichtigkeit des Wassers bei 0° gleich 0,99981 seyn soll, wenn seine gröfste Dichtigkeit gleich Eins gesetzt wird.

Bei der Wichtigkeit der Sache hält er es für nöthig, einen directen Versuch über die Genauigkeit der Reduction anzustellen, und wägt deshalb denselben Ballon, nachdem er mit Wasser von 4° angefüllt ist. Er findet dabei 9882^{gr},152. Aus den beiden Abwägungen des Wassers von 0° und von 4° in Verbindung mit Regnault's Angabe, dafs die Glassorte seines Ballons den Ausdehnungscoëfficienten 0,0000235 habe, folgt für die Dichtigkeit des Wassers bei 0° die Zahl 0,9998761.

Regnault hat die Rechnung nicht in dieser Form geführt, sondern nur im Auge gehabt, die Differenz zwischen der berechneten und beobachteten Reduction aufzusuchen; er erkennt den Unterschied, der aus den Wägungsfehlern nicht zu erklären ist, bleibt aber bei der nach Pierre's Zahl berechneten Reduction und bekommt dadurch schliefslich für das Gewicht von 1 Liter Luft in dem normalen Zustand 1^{gr},293187.

Die älteren Angaben stellen nun alle die Dichtigkeit des Wassers bei 0° höher als Pierre; nach Hällström ist sie 0,9998884, was mit der aus Regnault's Wägungen berechneten Dichtigkeit schon nahe zusammenfällt. Fast ge-

nau aber leitet sich diese letztere Zahl aus der in Kopp's Untersuchungen »*über das specifische Gewicht, die Ausdehnung durch die Wärme und den Siedepunkt einiger Flüssigkeiten*« (diese Annalen Bd. 72, S. 48) mitgetheilten Tabelle für das Volumen des Wassers ab, aus welcher für die Dichtigkeit desselben bei 0° die Zahl 0,9998769 hervorgeht. Hier ist nur noch ein Unterschied in der letzten Decimale; wollte man dieser überhaupt noch einen Werth beilegen, und vielleicht darum der Zahl von Kopp den Vorzug geben, weil dieser den Ausdehnungscoëfficienten seines Dilatometers selbst, und nicht wie Regnaults blofs der einer aus derselben Fabrik stammenden gleichen Glassorte bestimmt hat, so ist dagegen zu bemerken, dafs in dieser siebenten Decimale überhaupt nicht mehr von einer Dichtigkeit des Wassers im Allgemeinen die Rede seyn kann, weil die Aenderungen des Barometerstandes die Decimale wegen der Compressibilität des Wassers so weit afficiren, dafs eine Aenderung des Luftdruckes von 15^{mm} jene letzte 9 schon in eine Null verwandeln kann. Handelt es sich um die Dichtigkeit tropfbarer Flüssigkeiten und will man dieselbe auf Milliontel ihres Werthes genau angeben, so entscheidet nicht mehr allein die Temperatur, sondern auch der Barometerstand mufs eine Berücksichtigung erfahren.

Setzen wir nun die Dichtigkeit des Wassers bei 0° aus dem Mittel der Angaben beider Beobachter gleich 0,9998765, so hebt sich zufällig der von Lasch nachgewiesene kleine Rechnungsfehler gegen den Einflufs dieser Reductionszahl so auf, dafs das Gewicht von 1 Liter trockener Luft bei 0° und 760^{mm} Barometerstand zu Paris gleich

$$1^{gr},2931871$$

ist, also Regnault's Zahl. Folgen wir dann der von Lasch so umsichtig geführten Rechnung weiter, so wiegt ein Liter der bezeichneten Luft bei 45° Breite, 1^{gr},292753, mithin bei der Breite φ und der Höhe a über dem Meere

$$1^{gr},292753\,\frac{1-0{,}0025935\cos 2\varphi}{1+\frac{2a}{R}}$$

worin, wenn a in Metern angegeben wird, der mittlere Erdradius $R = 6366181$ Meter zu setzen ist.

Darnach hätten wir für Paris die Zahl . $1^{gr},293187$
für Berlin . . . . $1\ ,293606$,
und im Mittel für Deutschland bei 51° Breite
und 60 Meter über dem Meeresspiegel . $1\ ,293425$,
so dafs die trockene Luft bei 0° und 760^{mm} Barometerstand 773,14 Mal leichter ist, als das Wasser in seinem dichtesten Zustande.

XIX. *Den Ozon-Wasserstoff betreffend; von G. Osann.*

Für diejenigen, welche meine Versuche über die Wirkungen des galvanisch ausgeschiedenen Wasserstoffgases, welches ich vorläufig Ozon-Wasserstoffgas nennen will, wiederholen wollen, erlaube ich mir folgende Bemerkungen zu machen.

1. Die Säule, deren ich mich zu meinen Versuchen bediene, ist in meinen Erfahrungen in dem Gebiete des Galvanismus S. 48 beschrieben und abgebildet. Ich will hier nur eine kurze Beschreibung davon geben. Die Säule ist eine Grove'sche und besteht aus 5 Elementen; jedes Element enthält ein zu einem Cylinder umgebogenes Zinkblech von $2\frac{1}{2}$ p. M. Höhe und 6″ in Umfang. Diese passen gerade in Obertassen gewöhnlicher Art. In den Raum, den sie einschliefsen, kommen Cylinder von Gyps. Die Anfertigung derselben ist in obiger Schrift genau angegeben. An die Zinkcylinder, welche etwas über den Rand der Tassen angränzen, werden Kupferstreifen mittelst Zwingen angeschraubt, an deren freien Enden Platinstreifen angelöthet sind. Die Platinstreifen sind 2″ lang und 1″ breit. Nach einer Erfahrung, welche ich früher gemacht und in

meinen Beiträgen zur Chemie und Physik (Neue Beiträge z. Chem. u. Phys. S. 149 u. 174) niedergelegt habe, kann man die Platinstreifen von der positiven Elektrode nach der negativen hin, unbeschadet der Wirkung, in einem gewissen Verhältnifs schmäler machen, die fünf Platinbleche erhalten hiernach eine Breite von 12‴, 10‴, 4, 8‴, 9, 6‴, 5, 4‴, 6. Als erregende Flüssigkeit in den Zinkzellen bediene ich mich einer Mischung von 200 Raumtheilen Brunnenwasser, 5 Raumth. Schwefelsäure und 4 Raumth. Salpetersäure.

2. Bei den mannigfaltigen Versuchen, welche ich über diesen Gegenstand angestellt habe, habe ich die Erfahrung gemacht, dafs man die verdünnte Schwefelsäure, welche als Elektrolyt dient, möglichst kalt halten mufs, wenn die Reaction bald eintreten soll. Ich bediene mich hierzu einer Mischung von 1 Gewichtsth. reiner destillirter Schwefelsäure mit 6 Gewichtsth. Wasser. Der Apparat ist ähnlich wie der in dies. Annal. Bd. 95 Taf. V Fig. 26 abgebildete; *d* ist ein dicker Platindraht, *l* ein Platinblech beide dienen als Elektroden; *e* ist ein Gläschen, welches eine Auflösung von schwefelsaurem Silberoxyd, gesättigt bei gewöhnlicher Temperatur, enthält. Will man eine Zersetzung dieser Flüssigkeit vornehmen, so ist es am besten die Verbindungsröhre *f* so kurz als möglich zu nehmen. Um die Flüssigkeit möglichst kalt zu erhalten, werfe ich einige Stücken Eis in dieselbe. Die Reaction beginnt damit, dafs sich an der Stelle der Röhre, wo das Gas die Auflösung berührt, ein dunkelbrauner Rand bildet, dieser vergröfsert sich, es fallen dann Stückchen herab und die Flüssigkeit trübt sich. Filtrirt man die Flüssigkeit, so bleibt ein grünes Pulver auf dem Filter, das sich als Silber erweist.

3. Der Umstand, dafs die Reaction an der Oberfläche der Flüssigkeit beginnt, veranlafste mich diesen Versuch auf folgende Weise abzuändern. In die Glasröhre *f* brachte ich Stückchen Glas, welche mit obiger Auflösung von schwefelsaurem Silberoxyd angefeuchtet waren. Wurde nun in übrigen so verfahren, wie im obigen Versuch, so konnte

schon nach 8 bis 10 Minuten eine Bräunung wahrgenommen werden. Die Färbung nimmt zu und zuletzt sehen die Ränder dieser Stücke schwarz aus. — Legt man sie nachher in Wasser und rührt sie mit einem Glasstab herum, so setzen sich dunkel aussehende Flitterchen ab. Werden sie abfiltrirt und ist das Filter trocken, so haben sie den Silberglanz des Silbers. Werden sie in Salpetersäure aufgelöst und wird die Auflösung mit Salzsäure versetzt, so geben sie die bestimmte Reaction. — Zu diesem Versuch ist es nicht einmal nöthig, die Mischung durch Eis abzukühlen.

Würzburg, den 10. April 1856.

XX. *Nachtrag zu meiner Abhandlung S.* 115 *dieses Hefts; von W. Siemens.*

Hr. Wartmann hat im Märzhefte des *Arch. d. scienc. phys. et nat.*, welches mir erst während des Druckes des obigen Aufsatzes zu Händen kam, drei Stromschemata des elektromagnetischen Gegensprechens publicirt, von denen das erste mit dem von Hrn. Gintl zwischen Prag und Wien versuchten und im Leipziger polyt. Centralblatte vom 15. December 1853 ausführlich beschriebenen, das zweite und dritte, mit dem von Halske und mir bereits im November 1854 zwischen Dresden und Zittau vesuchten und kurz darauf zwischen Dresden und Leipzig in regelmäfsigen Betrieb gesetzten Gegensprechverfahren identisch ist. Hr. Wartmann will dieselben gegen Ende 1854 in Vorträgen, welche er in Genf gehalten hat, mitgetheilt haben, und scheint nicht nur die unabhängige Erfindung, sondern sogar die Priorität des Gegensprechens auf elektromagne-

hat Hr. Behncke eine Reihe von Analysen verlener Arsenikkiese angestellt, die ihm aus der Königl. lung in Berlin mitgetheilt waren, und die zwar nicht ben Varietäten betreffen, bei welchen Breithaupt Unterschiede gefunden hatte, doch zum Theil solche deren chemische Zusammensetzung noch nicht bekannt Es sind folgende:

1. Arsenikkies von Sahla in Schweden.

Derselbe findet sich in Krystallen von sehr verschier Gröfse in einer Masse eingewachsen, die theils ein ünlich grüner Talkschiefer, theils eine körnige oder orren fasrige, grünlich weifse mit dem Messer ritzbare, noch näher zu bestimmende Masse ist. Die Krystalle seln von der Gröfse einer Linie, bis zu der eines halZolls, sind aber in der Regel Zwillingskrystalle und dem ungewöhnlichen Gesetze gebildet, dafs die Zwilebene eine Fläche des rhombischen Prisma von 112° Die Flächen der Krystalle sind sehr stark glänzend, r etwas uneben, so dafs ihre Winkel sich nicht mit nauigkeit bestimmen lassen.

2. Arsenikkies von Altenberg bei Kupferberg in Schlesien.

Derselbe findet sich in grofsen, auf derben Massen aufwachsenen Krystallen, welche Prismen von 112° sind, den Enden mit dem Längs-Prisma von 145° begränzt, aber parallel der Zuschärfungskante gestreift, und in Richtung der Streifung stark gebogen ist. Die gemmte Zuschärfungskante ist zuweilen 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll grofs. Krystalle sind mit blättrigem Schwerspath verwachsen.

3. Arsenikkies von Freiberg in Sachsen.

Derselbe kommt in einzelnen Krystallen, die in einer ifsen erdigen Masse eingewachsen sind, welche gewöhnh für verwitterten Gneifs gehalten wird, vor.

4. Arsenikkies von Rothzechau bei Landeshuth in Schlesien.

Er kommt in einzelnen Krystallen und in kleinen derben Parthien in Chloritschiefer eingewachsen vor.

Die Analysen, welche nach den gewöhnlichen Methoden in dem Laboratorium des Prof. H. Rose angestellt sind, geben folgende Resultate:

	1.	2.	3.	4.
Schwefel	18,52	20,25	20,38	19,77
Arsenik	42,05	43,78	44,83	44,02
Antimon	1,10 [1])	1,05 [2])	—	0,92 [3])
Eisen	37,65	34,35	44,32	34,83
	99,32	99,43	99,53	99,54.

Zur Untersuchung des specifischen Gewichtes dieser Abänderungen wurden dieselben theils in kleinen Stücken, theils im pulverförmigen Zustande angewandt. Es wurde auf diese Weise gefunden bei

1.	2.	3.	4.
5,820	6,043	6,049	6,106
5,821	6,041	6,043	6,067

Mit Stücken wurden stets zwei Versuche angestellt, und daraus das Mittel genommen. Bemerkenswerth ist bei den angeführten Analysen der Antimongehalt, der bisher noch nicht gefunden ist. Berechnet man das ihm entsprechende Aequivalent Arsenik, und zählt dieses dem gefundenen Arsenik zu, so fallen die obigen Analysen folgendermafsen aus, wobei unter 5 noch die Zusammensetzung des Arsenikkieses, wie sie sich aus der Berechnung nach der Formel ergiebt, zur Vergleichung hinzugefügt ist.

	1.	2.	3.	4.	5.
Schwefel	18,52	20,25	20,38	19,77	19,68
Arsenik	42,69	44,39	44,83	44,56	45,95
Eisen	37,65	34,35	34,32	34,83	34,36

Man sieht, dafs die Analysen 2, 3, 4 sich der nach der oben angegebenen Formel berechneten Zusammensetzung

1) Mit einer Spur von Wismuth.
2) Mit einer Spur von Kupfer.
3) Mit Spuren von Kupfer und Blei.

so nähern, dafs man annehmen kann, dafs die betreffenden Arsenikkiese nach dieser Formel zusammengesetzt sind. Der Arsenikkies von Sahla weicht ebensowohl in seiner Zusammensetzung wie auch in seinem spec. Gewichte von diesem etwas ab. Die gefundene Zusammensetzung pafst sehr genau mit der Zusammensetzung, die nach der Annahme, dafs er 6 At. Schwefel, 6 At. Arsenik und 7 At. Eisen enthielte. Hr. Behncke stellt auch hiernach vorläufig die Formel:

$$3FeS^2 + 2Fe^2As^3$$

auf, die sich aber bei der gleichen Krystallform des Arsenikkieses von Sahla mit den übrigen nicht rechtfertigen läfst, daher die Zusammensetzung dieses vorläufig noch unentschieden bleiben mufs.

II. Arsenikeisen.

1. Arsenikeisen von Geyer in Sachsen.

Derbe Masse mit unebenem Bruche, die stellenweise mit Quarz gemengt ist. In dieser finden sich kleine Krystalle eingewachsen, andere sind in kleinen, hier und da in der derben Masse vorkommenden Drusen aufgewachsen. Sie haben ganz deutlich die Form des Arsenikkieses, was indessen durch die Messung mit dem Reflexionsgoniometer nicht bewiesen werden konnte, da hiezu die Flächen gröfstheils zu matt waren.

2. Arsenikeisen von Breitenbrunn in Sachsen.

Kommt in derben Massen mit unebenem Bruche, zum Theil etwas stängelig, vor. An einem zweiten Stück der Königl. Sammlung in Berlin finden sich Krystalle, die die Form und die Winkel des Arsenikkieses haben.

Die chemische Zusammensetzung wurde gefunden bei

	1.		2.	
Schwefel	6,07		1,10	
Arsenik	58,94		69,85	
Antimon	1,37	= 0,79 As	1,05	= 0,61 As
Eisen	32,92		27,41	
	99,30		99,41.	

Das specifische Gewicht beträgt bei

	1.	2.
in Stücken	6,246	7,282
in Pulverform	6,321	7,259.

Auch hier ist die erste Angabe das Mittel aus zwei Versuchen.

Nimmt man an, dafs bei den beiden untersuchten Proben der Schwefel von eingemengtem Arsenikkiese herrühre, so bilden bei dem ersteren

	6,07	Schwefel
mit	14,17	Arsenik
und	10,59	Eisen
	30,83	Arsenikkies.

Es bleiben demnach nach Abzug desselben, wenn man für 1,37 Antimon das Aequivalent von Arsenik setzt,

Arsenik	45,46 (=58,94 + 0,79 — 14,17) [1]	oder	67,06
Eisen	22,33		32,94
	67,79		100,00.

was zu der Formel Fe^2As^3 führt, welche erfordert:

Arsenik	66,74
Eisen	33,26
	100,00

Bei dem Arsenikeisen von Breitenbrunn bilden

	1,10	Schwefel
mit	2,56	Arsenik
und	1,92	Eisen
	5,58	Arsenikkies.

Es bleiben demnach nach Abzug desselben, wenn man hier ebenfalls für 1,05 Antimon das Aequivalent von Arsenik setzt:

Arsenik	67,90 (=69,85 + 0,61 — 2,56) [2]	oder	72,19
Eisen	25,49		27,71
	93,30		100,00.

was zu der Formel $FeAs^2$ führt, welche erfordert

1) In der Dissert. ist irrthümlich 46,14 (=58,94 + 1,37 — 14,17) gesetzt.
2) In der Dissert. ist irrthümlich 68,34 (=69,85 + 1,05 — 2,56) gesetzt.

Arsenik	72,78
Eisen	27,22
	100,00.

Das Arsenikeisen von Geyer ist demnach verschieden von dem Arsenikeisen von Breitenbrunn, und ersteres käme hiernach mit dem Arsenikeisen von Reichenstein, letzteres mit dem Arsenikeisen vom Sätersberg und Schladming überein [1]).

XXII. *Notizen.*

1. *Ueber das Rhodankalium.* — Hr. Dr. Nöllner (gegenwärtig Director einer chemischen Fabrik zu Harburg) hat die interessante Beobachtung gemacht, dafs, wenn man eine kleine Menge von Rhodankalium in einem Porcellantiegel schmilzt, die Masse während des Schmelzens nach einiger Zeit braungrün und zuletzt schön indigblau oder dem Ultramarin ähnlich wird. Setzt man dann das Schmelzen nicht weiter fort, so scheint das geschmolzene Salz auch keine Zersetzung erlitten zu haben; es ist nach dem Erkalten wiederum weifs oder bisweilen nur schwach dunkel gefärbt, und löst sich vollständig wieder in Wasser auf. Die farblose Lösung zeigt die Reaction des unzersetzten Rhodankaliums, namentlich die bekannte gegen Eisenchloridlösung. Nur wenn das Salz bei starker Hitze behandelt wird, zersetzt es sich. Es kann sich etwas verflüchtigen, und wenn die Dämpfe in der Luft verbrennen, erzeugen sie ein sehr lebhaftes Funkensprühen.

2. *Fluorescenz des Aesculetins.* — Das Aesculetin ist bekanntlich ein Stoff, der nach der Entdeckung der Hrn. Prof. Rochleder und Dr. Schwarz entsteht, wenn man das Aesculin mit Salzsäure oder wenig verdünnter Schwefelsäure in der Wärme des Wasserbades behandelt, wo es

1) Vergl. G. Rose krystallo-chemisches Mineralsystem S. 53.

sich dann nach dem Erkalten in prismatischen Krystallen abscheidet, während in der Flüssigkeit eine süfse Substanz zurückbleibt. Die genauere Untersuchung hat gezeigt, dafs das Aesculin, $C_{42}H_{24}O_{26}$ durch diesen Procefs zerfällt in Aesculetin $C_{18}H_4O_6$ und $2(C_{12}H_{10}O_{10})$, was eben jene süfse Substanz ist [1]). Wie Prof. Rochleder ferner gefunden [2]), löst sich das Aesculetin in einer concentrirten Lösung von doppelt-schwefligsaurem Ammoniak in der Siedhitze mit Leichtigkeit auf, und wenn man dieser Lösung vorsichtig Barythydratlösung zusetzt, so fällt die schweflige Säure des überschüssigen Ammoniaksalzes als schwefligsaurer Baryt nieder, und dann wird die Flüssigkeit durch Aufnahme von Sauerstoff an der Luft blutroth.

Kürzlich habe ich von Sr. Durchl. dem Fürsten Salm-Horstmar in zwei hermetisch verschlossenen Gläsern Proben von dieser Flüssigkeit zugesandt erhalten. Die eine ist blau, weil der Sauerstoff noch nicht lange genug einwirkte, die andere roth. Letztere hinreichend mit Wasser verdünnt, zeigt die artige Erscheinung, dafs sie beim Hindurchsehen nur eine blasse blau-violette, beim Daraufsehen aber eine ungemein schön rothe Farbe besitzt.

In einem späteren Briefe vom 31. März d. J. meldet mir der Hr. Uebersender:

1) Die *rothe* Fluorescenz der beiden Flüssigkeiten fängt an im Orange des Sonnen-Spectrum's und erstreckt sich bis zum Violett — ist aber am *stärksten im grünen* Theil des Spectrums. Es scheint mir dieses von Interesse zu seyn, nicht blofs wegen des gröfseren Raums, den die Quelle dieses Lichtes im Spectrum einnimmt, sondern besonders deshalb, weil sich also unsichtbare (?) *rothe Lichtstrahlen* besonderer Art im *gelben* und im *grünen* Theil des Spectrums befinden müssen. — 2) Die *blaue* Flüssigkeit zeigt, mit dem Prisma analysirt, einen *schwarzen Absorptionsstreifen*, der das Gelb und einen grofsen Theil vom Roth einnimmt. Sie erinnert also theilweise an das blaue Kobaltglas. *P.*

1) Sitzungsberichte der Wiener Akad. 1853 Bd. X, S. 70.

2) Ebendaselbst Bd. XIII, S. 169.

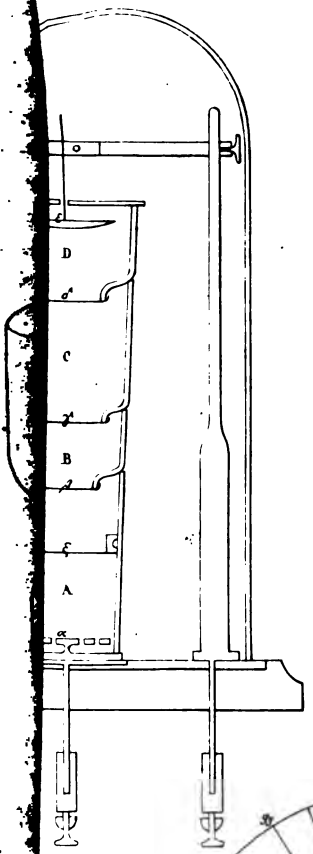
3. *Ueber einen Ersatz der Statham'schen Zünder.* — Unter einem Statham'schen Zünder versteht man bekanntlich einen mit geschwefelter Guttapercha überzogenen Kupferdraht, der an irgend einer Stelle, zur Hälfte seines Ueberzugs beraubt, hier auf etwa $\frac{1}{4}$ Zoll durchschnitten, nur noch mit einer ganz dünnen an der Innenseite des stehengebliebenen Guttapercha-Ueberzugs befindlichen Schwefelkupferschicht zusammenhängt[1]). Legt man an diese durchschnittene Stelle des Drahts etwas Schiefspulver, so läfst sich unter Mitwirkung einer kräftigen Intensitätsbatterie, in Folge des in lebhaftes Glühen gerathenden Schwefelkupfers, das Schiefspulver mit Leichtigkeit entzünden. Da eine solche Vorrichtung indefs nur zur Anstellung eines *einzigen* Versuchs sich eignet und aufserdem auch wohl nicht überall zu haben seyn dürfte, so schlage ich als Ersatz derselben: *ein aus gleichen Gewichtstheilen fein gepülvertem Schwefelantimon und chlorsaurem Kali* bestehendes Gemisch vor, welches an irgend einer Stelle eines durchschnittenen Leitungsdrahts schicklich angebracht, *mit der allergröfsten Leichtigkeit* unter Anwendung einer kaum $\frac{1}{2}$ Quadratfufs Oberfläche bietenden Leydner Flasche oder mittelst des Ruhmkorff'schen Inductionsapparates sich entzünden läfst, und daher ein weit geeigneteres Mittel zur sicheren Entzündung von Sprengminen und dergl. abgiebt, als der Statham'sche Zünder. (R. Böttger.)

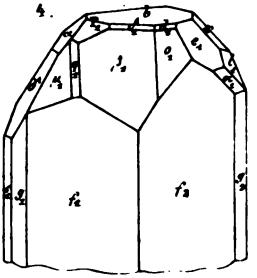
4. *Neue Anwendung des Inductionslichts.* — Bekanntlich hat das Licht, welches der Ruhmkorff'sche Inductions-Apparat an seiner negativen Elektrode im luftverdünnten Raume liefert, wegen seines Gehalts an blauen, violetten und ultravioletten Strahlen die Fähigkeit, die Erscheinungen der Fluorescenz im ausgezeichneten Grade zu zeigen. Es ist, seitdem Prof. Eisenlohr darauf aufmerksam gemacht hat[2]), mehrfach zu diesem Zwecke benutzt worden. Eine andere Anwendung gestattet dasselbe vermöge seines intermittirenden Zustandes; es erscheint nämlich, wie

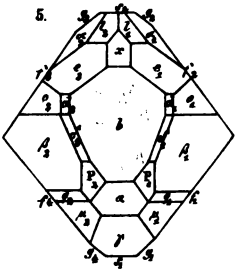
1) S. Ann. Bd. 92, S. 154.
2) S. Ann. Bd 93, S. 623.

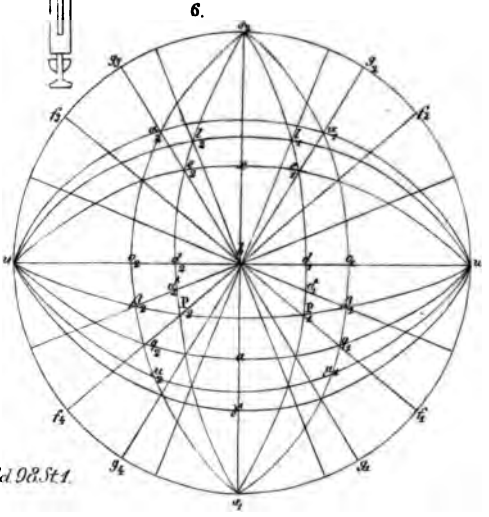
man weifs, blofs beim Unterbrechen des inducirenden galvanischen Stroms, und nur die grofse Schnelligkeit, mit welcher diese Operation durch das Spiel des Wagner'schen Hammers wiederholt wird, bringt auf das ruhende Auge den Eindruck der Stetigkeit hervor. Es ist schon hinreichend, die Richtung der Augen rasch zu ändern, um diesen Eindruck als eine Täuschung zu erkennen; aber viel deutlicher läfst sich dieselbe nachweisen und zugleich auf interessante Weise benutzen, wenn man vor dem Licht eine weifse Scheibe in Rotation versetzt, die zweckmäfsig mit Sehzeichen versehen ist. Die von mir angewandte Scheibe (eine weifse Pappscheibe von 8 Zoll Durchmesser) ist in drei concentrischen Kreisen mit schwarzen runden Flecken bemalt. Der äufsere Kreis enthält deren 10, der mittlere 9 und der innere 8. Dreht man nun die Scheibe (ich benutze dazu eine Centrifugal-Maschine, die vertical gestellt werden kann) mit langsam gesteigerter Schnelligkeit, so wird man bald den Punkt erreichen, wo man das artige Schauspiel hat, dafs die Flecke des mittleren Kreises still zu stehen scheinen, während die der äufseren vorwärts, und die der inneren rückwärts laufen. Es ist im Grunde das Phänomen der stroboskospischen Scheiben, nur mit dem Unterschiede, dafs man, weil hier die Intermittenzen des Lichts nicht von der Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe abhängen, durch Abänderung dieser Geschwindigkeit das scheinbare Stillstehen beliebig auf jede Reihe von Flecken übertragen kann. Complicirtere Figuren würden offenbar zu mancherlei Spielereien Anlafs geben. (P.)

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

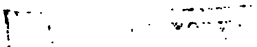


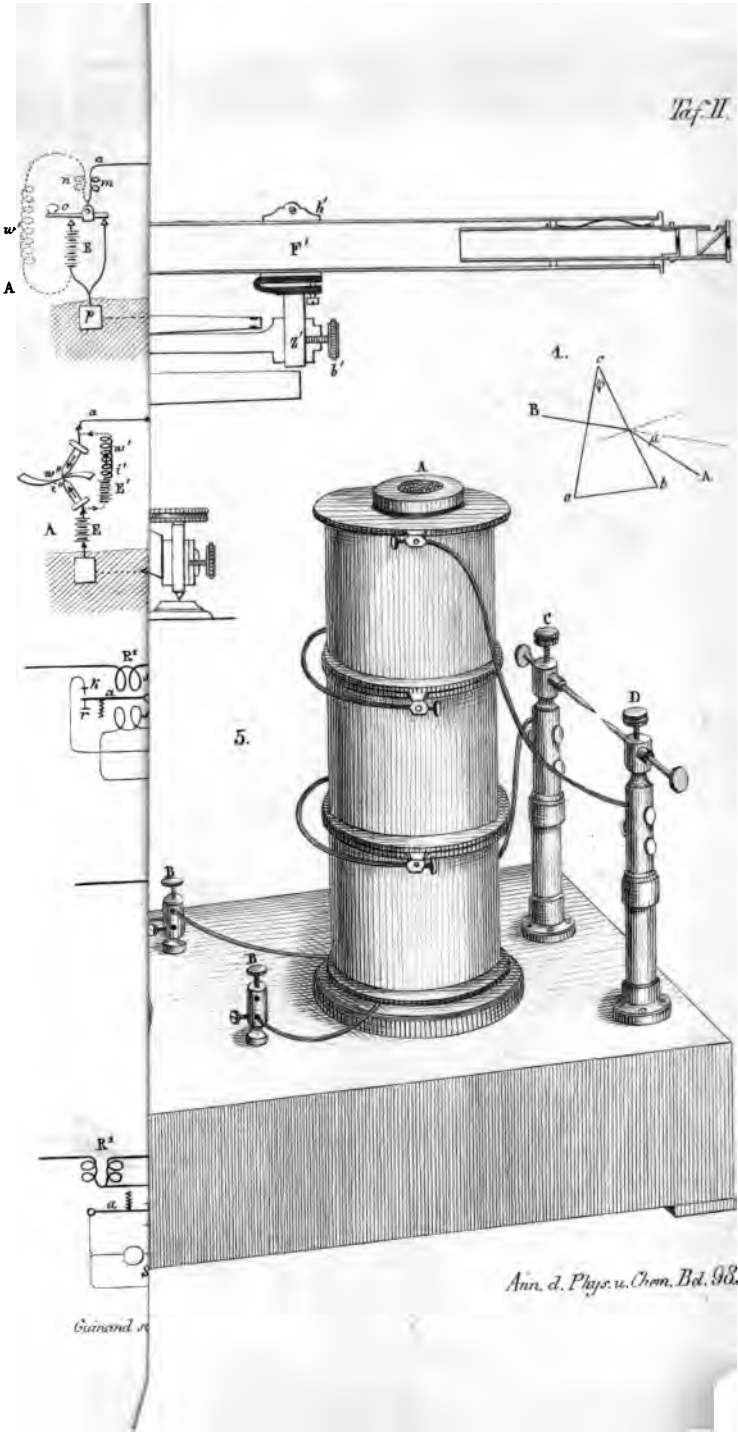






10.





Guinand sc

1856. ANNALEN No. 6.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XCVIII.

I. *Ueber eine neue Art von Ton-Erregung durch den elektrischen Strom; von J. C. Poggendorff.*

(Aus den Monatsberichten d. Acad. März 1856.)

Im J. 1837 machte Hr. Dr. Page zu Salem im Staate Massachusetts die interessante Beobachtung, dafs ein Hufeisenmagnet, vor oder zwischen dessen Polen er eine flache Spirale von Kupferdraht aufgehängt hatte, zu tönen anfing, so wie er durch die Spirale den unterbrochenen Strom einer galvanischen Kette leitete. Die weitere Verfolgung dieser Beobachtung durch andere Physiker, namentlich durch Delezenne, Beatson, Marrian, Mattenucci, De la Rive und Wertheim, hat gelehrt, dafs es immer nur der unterbrochene galvanische Strom ist, der zu dieser neuen Tonbildung Anlafs giebt, und dafs er zu dem Ende in zweierlei Weisen angewandt werden kann, einmal nämlich unmittelbar, indem man ihn geradezu durch die zum Tönen bestimmten Körper leitet, und dann vermöge seiner Wirkung in Distanz, indem man ihn in einem schraubenförmigen Drahte um diese Körper herumführt.

Solchergestalt sind diese Töne namentlich in Stahl und Eisen hervorgerufen worden, und wie es scheint nur in diesen Metallen. Wenigstens versichert Wertheim ausdrücklich, dafs Stäbe und Drähte aus anderem Material weder nach der einen, noch nach der anderen Methode zum Tönen gebracht werden können [1]). Und da De la Rive, der in einer früheren Abhandlung sagt, er habe nach beiden Methoden auch aus Drähten von Platin, Silber, Kupfer, Messing, Argentan, Blei, Zinn und Zink Töne

1) Ann. Bd. 77, S. 43.

erhalten [1]), modificirt diese Angabe in einer späteren Arbeit dahin, dafs es nur geschehe, wenn zugleich ein starker Elektromagnet auf dergleichen Drähte einwirke [2]).

Die hier zu beschreibende Methode, auf welche der Verfasser durch eine zufällig im Herbste 1854 gemachte Beobachtung gerieth, hat zunächst den Vorzug der gröfseren Allgemeinheit, indem sich nach ihr unzweifelhaft alle Metalle zum Tönen bringen lassen; aber es sind auch noch andere Umstände damit verknüpft, welche ihr für die Elektricitätslehre Interesse verleihen.

Sie beruht ebenfalls auf Anwendung des unterbrochenen Stroms, jedoch ist es nicht eigentlich dieser, sondern der durch ihn erzeugte Inductionsstrom, welcher als Tonerreger anzusehen ist. Und es sind nicht Stäbe oder Drähte, in welchen die Töne hervorgerufen werden, sondern Röhren, gebildet aus Blechen oder Platten, welche die den galvanischen Strom leitende Drahtrolle umgeben.

Der Verfasser benutzte zu allen diesen Versuchen eine der früher beschriebenen Hauptrollen [3]), die 5 par. Zoll in Länge und 5,5 par. Zoll in Umfang halten. Die beiden Drähte derselben waren stets nebeneinander verknüpft, so dafs sie einem einzigen Draht von 100 par. Fufs Länge und 1,4 Mllm. Durchmesser gleich kamen. Die Rolle wurde durch ein Stativ in senkrechter Stellung gehalten, solchergestalt, dafs sie am unteren Ende mit der Quelle des galvanischen Stroms, die in der Regel nur eine einzige Grovesche Kette war, durch Drähte verknüpft werden konnte. Ueber die somit freistehende Drahtrolle wurden, von obenher, die zu untersuchenden Röhren geschoben, die der Länge nach entweder ganz offen oder durch Löthung ganz metallisch geschlossen, oder auch nur so weit zusammengebogen waren, dafs die Ränder des Blechs einander berührten. Als Material zu solchen Röhren, welche meistens 5 Zoll Höhe und 2 bis 4 Zoll Durchmesser hatten, wurde

1) Ann. Bd. 65, S. 637.
2) Ebend. Bd. 76, S. 285.
3) Monatsbericht 1855, S. 16. (Ann. Bd. 94, S. 295.)

Platin, Kupfer, Neusilber, Zinn, Messing, Zink, Eisen.

[redacted]nterbrechung des galvanischen Stroms diente ein [redacted]scher Hammer von eigenthümlicher Construction, [redacted]einen möglichst leisen Gang zu verleihen, was [redacted]r, damit er durch sein Geräusch nicht dasjenige [redacted], welches Gegenstand der Beobachtung seyn [redacted]

[redacted]auf solche Weise angestellten Versuche haben nun [redacted]endem allgemeinen Resultat geführt: *Alle Metalle, [redacted]en ausgenommen, geben keinen Ton, wenn sie entweder als ganz offene oder als vollkommen geschlossene [redacted] die Drahtrolle umgeben. Stofsen dagegen die Ränder der Röhren blofs aneinander, so lassen alle Metalle, [redacted]as Eisen nicht ausgenommen, einen sehr deutlichen [redacted]vernehmen,* der an Stärke und Klang verschieden ist [redacted]den Dimensionen der Röhre, nach der Natur und [redacted]eität ihres Materials, nach der Intensität des Stroms, [redacted]nach nach anderen Umständen, deren sogleich gedacht [redacted]n soll.

[redacted]as Eisen unterscheidet sich von den übrigen Metallen [redacted]ch, dafs es, — offenbar in Folge seiner Magnetisirt, — schon als ganz offene Röhre einen knisternden [redacted]giebt, nicht allein wenn diese die Drahtrolle umgiebt, [redacted]n auch schon, wenn sie blofs daneben gestellt ist. [redacted]offenbar derselbe, den man bereits früher beobach-

[redacted]ser Hammer weicht von dem gewöhnlichen mit federnder Zunge [redacted]urch ab, dafs der Platinstift, gegen welchen die Zunge schlägt, eben- [redacted]von einer Feder getragen wird, die rechtwinklich gegen die erstere, [redacted]horizontaler Lage an einem zur Seite stehenden Ständer befestigt ist. [redacted]Schraube, getragen von einem unbeugsamen Arme desselben Stän- [redacted]unterhalb der zweiten Feder, verhindert, dafs diese nach unten [redacted]ge, und dient im Verein mit der Schraube, deren Ende der Platin- [redacted]bildet, zur Regulirung des Contacts, der durch diese einfache Vorrich- [redacted]nach demselben Principe ebenso verlängert ist, wie bei den In- [redacted]menten von Sinsteden, Halske (Ann. Bd. 97, S. 641) und Stöh- [redacted](S. 110 dieses Bandes), denen sie auch an Wirkung vollkommen [redacted]ebenkommen, an Leise des Ganges vielleicht noch übertreffen möchte.

tete an Eisenblech, das in die Drahtrolle gelegt war. Aber dieser Ton ist weit schwächer als derjenige, welcher gehört wird, wenn die Ränder der Röhre sich berühren. Es scheint dann zu dem ersteren Ton noch ein zweiter hinzuzutreten.

Die Töne, welche man von Metallröhren mit einander berührenden Rändern erhält, werden offenbar hervorgerufen durch den Inductionsstrom, welchen die Wirkung des in der Drahtrolle unterbrochen circulirenden galvanischen Stroms in der Masse solcher Röhren erregt; denn sie werden verstärkt und geschwächt durch dieselben Umstände, welche einen derartigen Inductionsstrom stärker und schwächer machen würden.

So werden die Töne verstärkt, wenn man in die Drahtrolle einen Eisendrahtbündel schiebt, was daher bei den Versuchen des Verfassers auch immer geschah; und ebenso, obwohl natürlich in geringerem Grade, wenn man die Drahtrolle mit dem Condensator verbindet, was gleichfalls bei diesen Versuchen nie unterlassen ward.

In noch auffallenderer Weise läfst sich die Schwächung der Töne darthun. Es ist dazu nur erforderlich, in eine tönende Röhre eine andere vollkommen geschlossene Metallhülle von geringerem Durchmesser so zu stellen, dafs sie die inducirende Drahtrolle umgiebt. So wie man sie hineinstellt, hört das Tönen der weiteren Röhre augenblicklich auf; so wie man sie herauszieht, fängt es sofort wieder an.

Selbst zwei des Tönens fähige Röhren von ungleichem Durchmesser liefern einen Beweis von dieser Schwächung. Gleichzeitig in einander um die Drahtrolle gestellt, tönen sie vereint schwächer, als jede einzeln für sich. Manchmal verstummt die eine ganz. Zwei tönende Röhren von gleichem Durchmesser, über einander um die Drahtrolle gestellt, stören dagegen einander nicht.

Statt der innern geschlossenen Röhre, die z. B. aus Zink oder einem anderen nicht merklich magnetisirbaren Metall bestehen kann, läfst sich auch eine *offene* Eisenröhre anwenden. Sie wirkt ebenfalls, je nach ihrer Höhe und Wand-

dicke, schwächend oder vernichtend auf die Töne, nicht weil sich in ihr, wie in der geschlossenen Zinkröhre, ein Inductionsstrom bildete, sondern weil sie durch die Drahtrolle umgekehrt wie das innere Drahtbündel magnetisirt wird, und somit diesem Bündel und der Rolle entgegen wirkt.

Der Zusammenhang der Tonbildung mit dem Inductionsstrom, wenn er noch eines ferneren Beweises bedürfte, geht auch daraus hervor, dafs sie unabhängig ist vom Durchmesser der Röhren. Der Verfasser erhielt die Töne mit Röhren von 2, 4 und 8 Zoll Durchmesser, ohne dabei einen anderen Unterschied in der Stärke derselben wahrzunehmen, als denjenigen, welcher sich aus den diesen Durchmessern nicht entsprechend vergrößerten Höhen der Röhren herleiten liefs. Bei angemessener Höhe würde sich offenbar ein Hohlcylinder von jeglichem noch so grofsem Durchmesser eben so gut durch eine einzige Volta'sche Kette zum Tönen bringen lassen wie eine Röhre von nur Zollweite.

Ist nun nach Allem diesem klar, dafs die in Rede stehenden Töne ihren Ursprung einem parallel den Windungen der Drahtrolle in der Röhre erregten Inductionsstrom verdanken, und fällt insofern diese Erregungsweise zusammen mit derjenigen, bei welcher der unterbrochene galvanische Strom direct durch einen Stahl- oder Eisendraht geleitet wird, so soll damit doch nicht gesagt seyn, dafs die Tonbildung eine moleculare, ursprünglich in der ganzen Metallmasse vor sich gehende sey, wie es bei einem solchen Draht oder bei einer offenen Eisenröhre sicher der Fall ist. Im Gegentheil hält der Verfasser es für unzweifelhaft, dafs die von ihm beobachtete Tonbildung zunächst ihren Sitz an der Stelle hat, wo die Ränder der Röhren einander berühren, dafs von dort aus Erschütterungen erfolgen, welche die Röhre in tönende Schwingungen versetzen.

Die Töne sind auch nur ein secundäres Phänomen, welches fehlen kann, wenn das Material der Röhre wenig Elasticität besitzt, z. B. aus Blei besteht. Das Primitive der akustischen Erscheinung liegt in einem trockenen Geräusch,

einem dem Schlagen einer Taschenuhr einigermaafsen vergleichbaren *Ticken*, welches sich an der Berührungsstelle der Röhrenränder synchron mit den Schlägen des stromunterbrechenden Hammers vernehmen läfst und niemals fehlt. Es entsteht, wie sich durch einzelne Unterbrechungen des galvanischen Stroms überzeugend darthun läfst, nicht beim Schliefsen, sondern nur beim Oeffnen der Kette, und wahrscheinlich auch beim Aufhören des dadurch erregten Inductionsstroms.

Dieses Ticken allein, nicht das Tönen, ist es, dessen Erforschung dem Gebiet der Elektricitätslehre anheimfällt, und ich mir daher besonders zur Aufgabe machte, ohne jedoch bis jetzt eine vollständige Lösung derselben herbeigeführt zu haben.

Gleich dem Tönen, läfst sich das Ticken, wenn man vom Eisen absieht, bei einer der Länge nach durch Löthung vollkommen geschlossenen Röhre, und um so mehr also vermuthlich bei einem gegossenen Hohlcylinder, nicht vernehmen. Selbst eine gelöthete Röhre, die man so weit aufgeschnitten hat, dafs über dem Schlitz noch eine Brücke von etwa einer Linie Breite stehen bleibt, giebt, wenigstens bei den von mir ins Spiel gesetzten Kräften, das tickende Geräusch nicht.

Diefs zeigt, dafs eine gewisse Aufhebung des Zusammenhangs für das Entstehen dieses Geräusches nothwendig ist; denn dafs die aneinander liegenden Ränder der Röhre sich nicht so innig berühren, wie die Theilchen im Innern der Masse, ist wohl vorweg klar und wird auch durch Erscheinungen in anderen Gebieten der Physik bestätigt. Unbedenklich kann man hier, auch bei scheinbar noch so guter Berührung, eine dünne Luftschicht zwischen den Röhrenrändern annehmen, wie man eine solche selbst für die schwarze Mitte der Newton'schen reflectirten Ringe anzunehmen genöthigt ist.

Bei dem Ticken zeigt sich der Einfluſs des Abstan-

der somit zwischen den Röhrenrändern vorausgesetzt

unächst dadurch, dafs dasselbe, je mehr man die

Ränder aneinander drückt, desto mehr an Stärke abnimmt: a es ist nicht unwahrscheinlich, dafs es bei hinreichend starker Compression, bei welcher sich die Theilchen nicht-glasharter Metalle förmlich ineinander drücken, ganz verschwinden würde, wie es andrerseits gewifs ist, dafs, wenn es recht laut auftreten soll, die Ränder nur lose aneinander liegen dürfen [1]).

Man könnte meinen, dafs mit verstärktem Druck auch die Zahl der Berührungspunkte vermehrt werde, und daraus die Abnahme des Geräusches entspringe. Allein, wenn diefs auch für gewöhnlich der Fall gewesen seyn mag, wo ich gröfsere, hervorspringende und nicht vollkommen geebnete Stücke der Röhrenränder aneinander brachte, so kann doch schwerlich im Allgemeinen die erwähnte Abnahme davon abgeleitet werden. Denn wenn man eine Steck- oder Nähnadel winkelrecht gegen die Ränder zwischen dieselben einklemmt, so nimmt das Ticken, welches dann sehr laut ist, gleichfalls mit gesteigertem Druck ab, ohne dafs sich die Nadel nachher platt gedrückt erweist.

Uebrigens kann ein Theil der Röhrenränder in innigem Metallcontact stehen, ohne dafs das tickende Geräusch verschwindet, sobald nur andere Punkte dieser Ränder einander lose berühren. So geräth die erwähnte, theilweis aufgeschnittene Röhre ins Tönen, so wie man in deren Schlitz eine Nadel oder ein keilförmiges Stück Blech einklemmt.

Dadurch erklärt sich auch eine Erscheinung beim Zinn. Wenn man ein Zinnblech um die inducirende Drahtrolle herumbiegt und die Ränder desselben aneinander bringt, so

1) Bei Röhren von dicken Wänden, z. B. bei Zinkröhren von 1,5 bis 2,5 par. Lin. Wanddicke beobachtet man zugleich, dafs mit verstärktem Druck der Ränder gegen einander der Ton um mehrere Stufen in die Höhe geht, während das Ticken zwar schwächer wird, aber sein Tempo, wie natürlich, nicht verändert, da dieses von dem Gang des Hammers bedingt wird, mit ihm immer synchron bleibt. Bei solchen dickwandigen Röhren sind die Tonschwingungen offenbar blofs longitudinal oder peripherisch, während sie bei den dünnwandigen ganz oder theilweise transversal oder radial sind; denn erstere kann man ohne Störung des Tons mit der Hand anfassen, letztere nicht.

kleben sie sogleich an einzelnen Stellen zusammen, werden förmlich verlöthet. Dennoch zeigt sich das Ticken ausnehmend deutlich. Schmilzt man aber die benachbarten Ränder mit einer Löthrohrflamme solide zusammen, so hört dieses Geräusch auf.

Eine Hauptfrage bei dieser Untersuchung ist natürlich die: durch welchen Vorgang das tickende Geräusch an der Unterbrechungsstelle hervorgebracht werde.

Zunächst könnte man an das Ueberspringen von Funken denken, aber dieses ist sicher nicht die Ursache des Geräusches.

Allerdings sieht man Funken, wenn man die Röhrenränder von einander trennt, — wie es scheint, besonders dann, wenn es glückt, diese Trennung in dem Moment zu vollziehen, da der Hammer den galvanischen Strom unterbricht. Man sieht sie sogar, obwohl sehr klein, an einer Röhre, die wie die eben genannte, nur theilweise aufgeschnitten ist, wenn man den Keil in dem Spalt herauszieht.

Aber während die Ränder ruhig aneinander liegen, erblickt man selbst in vollkommner Dunkelheit keine Funken, trotzdem das Ticken ungestört fortgeht. — Ich habe die inducirende Hauptrolle mit ihrer tönenden Metallhülle ins Vacuum der Luftpumpe versetzt, aber auch dort geschah das Ticken, ohne dafs der mindeste Lichtschein an der Unterbrechungsstelle der Röhre sichtbar war.

Ueberdiefs haben die erwähnten Funken eine äufserst geringe Schlagweite, wie das nicht anders als erwartet werden kann, wenn man bedenkt, dafs hier der elektrische Strom in einer ganz metallischen Bahn von wenigen Zollen Länge erregt wird.

Bei einem leicht schmelzbaren Metall, wie Zinn z. B., sieht man freilich manchmal Funken einige Linien weit fortspringen; aber diefs ist doch kein wahres Ueberspringen, sondern ein Fortschleudern von geschmolzenen, glühenden und vielleicht verbrennenden Metalltheilchen, denn es geschieht meistens ganz aufserhalb der Richtung des elektrischen Stroms, bald nach dieser, bald nach jener Seite.

Ein wahres Ueberspringen von Funken kann es schon deshalb nicht seyn, weil die Spannung des Stroms ganz aufserordentlich gering ist. Wie sehr ich auch die Ränder der Metallröhre, ohne sie in Berührung zu bringen, einander nähern mochte; — niemals sah ich Funken überspringen. Man kann den Zwischenraum mit angefeuchteten Fingern bedecken, kann es sogar wagen, die Zungenspitze zwischen die Röhrenränder zu schieben, ohne die geringste Empfindung zu verspüren.

Wenn Funken die Ursache des Tickens wären, so sollte man meinen, müfste dasselbe in einer leitenden Flüssigkeit verschwinden. Allein ich habe, bei horizontaler Lage einer Röhre, die Unterbrechungsstelle derselben in Brunnenwasser und in verdünnte Schwefelsäure getaucht, ohne dafs eine Abnahme des Geräusches wahrnehmbar gewesen wäre.

Nur als ein dünnes Stück Fliefspapier, getränkt mit verdünnter Schwefelsäure, zwischen die Ränder geschoben, also der Metallcontact ganz unterbrochen wurde, hörte es auf.

Und ebenso verschwand es bei einer Zinkröhre, als deren Ränder so stark amalgamirt waren, dafs Quecksilbertröpfchen daran hängen blieben, — offenbar, weil dann ein vollkommner Metallcontact hergestellt war.

Dagegen hörte das Ticken nicht auf, als die Berührungsstelle mit der Flamme einer Weingeistflamme stark erhitzt wurde; obwohl eine Schwächung allerdings bemerkbar war.

Wenn nun aber, allem diesem nach, Funken nicht die Ursache des Geräusches sind, — worin kann dann dasselbe begründet seyn?

Zunächst könnte man an jene Abstofsung denken, welche, wie Ampère gezeigt, in Richtung des Stroms zwischen den Theilchen desselben stattfindet. Sie würde, könnte man sagen, während der Strom entsteht, die Röhrenränder ein klein wenig von einander entfernen, und, wenn er aufhört, wieder gegen einander schnellen lassen. Allein abgesehen von allem Andern, scheint es, hat der schwache Strom, der hier auftritt, nicht Kraft genug, um einen solchen mechanischen

Effect auszuüben. Ich habe das Ticken bei Zinkröhren beobachtet, die etwa 2 Zoll im Durchmesser und über $2\frac{1}{2}$ Lin. in Wanddicke halten, und zu ihrem Zusammendrücken einen sehr bedeutenden Kraftaufwand erfordern.

Ueberdiefs, so sehr man auch geneigt ist, das Geräusch von einem mechanischen Gegeneinanderstofsen der Röhrenränder herzuleiten, so hat doch die Beobachtung mir keinen Beweis dafür geliefert.

Für das blofse Auge scheinen diese Ränder absolut in Ruhe zu verharren, und selbst unter dem Mikroskop, freilich nur bei 100maliger Vergröfserung, die aber doch wohl schon etwas hätte zeigen müssen, war von einer Bewegung nichts wahrzunehmen. — Ebenso zeigten die Flüssigkeiten, in welche die tickenden Röhren getaucht waren, nicht die geringste Spur von einer Erzitterung oder Wellenbewegung. Jedenfalls mufs die Amplitude der tickenden und tönenden Schwingungen aufserordentlich klein seyn.

Die natürlichste Ansicht über das in Rede stehende Phänomen möchte wohl die seyn, dafs, trotz des scheinbaren Metallcontacts der Röhrenränder, dennoch keine gleichförmige Leitung der Elektricität stattfindet, sondern zeitweise, in den Momenten der Unterbrechung des Stroms, eine plötzliche Entladung erfolgt — und zwar ohne Funken.

Nur dieser Zusatz hat etwas Ungewöhnliches, aber es ist nicht einzusehen, dafs er den bisherigen Erfahrungen widerspreche; denn aus keiner derselben scheint ein Beweis hervorzugehen dafür, dafs der Durchgang der Elektricität durch eine Luftschicht von aufserordentlicher Dünnheit nothwendig mit Funken verknüpft seyn müsse.

Im Gegentheil liefsen sich Gründe anführen, welche das Erscheinen von Funken in einem solchen Falle zweifelhaft machen, um so mehr, als es andrerseits auch noch fraglich scheint, ob wir in den Funken, da wo sie erscheinen, die Elektricität in Wahrheit substantiell überspringen sehen; — sie könnten ebensowohl nur begleitende Phänomen der vielleicht an sich dunklen unsichtbaren Elektricitäts-Entladung seyn; die relative Langsamkeit der Bewegung der

Funken in gewissen Fällen scheint dieſs nicht unwahrscheinlich zu machen.

Allein ich will mich nicht in Hypothesen verwickeln, sondern es lieber künftigen Beobachtungen überlassen, das in Rede stehende Phänomen weiter aufzuhellen.

II. *Ueber die Brechung und Reflexion des Lichts an Zwillingsflächen optisch einaxiger Krystalle;* von Dr. J. Grailich,

Privatdocent an der Wiener Hochschule und Assistent am k. k. physik. Institute.

Vor längerer Zeit machte ich die Erscheinungen, welche Zwillingskrystalle im durchfallenden und reflectirten Lichte zeigen, zum Gegenstand einer näheren Untersuchung. Ich fand bald, daſs manche derselben ohne ein näheres Studium der Richtungs- und Intensitätsverhältnisse des gebrochenen und gespiegelten Lichtes nicht wohl zu erklären seyen und versuchte daher die Eigenthümlichkeiten der Erscheinung vorerst für den einfachsten Fall theoretisch zu ergründen, um dadurch für die verwickelten Phänomene, welche die Natur aufweist, den Schlüssel zu finden. In den Schriften der k. Akad. der Wiss. zu Wien erschien in Folge dessen eine Reihe von Aufsätzen, in welchem ich die Resultate der Untersuchung Schritt für Schritt wiederlegte und ich erlaube mir nun, nach dem Abschluſs des ersten (rechnenden) Theils derselben eine kurze Uebersicht der den optisch einaxigen Zwillingskrystallen eigenthümlichen Verhältnisse mitzutheilen.

1. Da an der Zwillingsfläche zwei doppeltbrechende Mittel sich begränzen, so muſs eine einzige einfallende (ordentliche oder auſserordentliche) Welle im Allgemeinen zwei reflectirte und zwei gebrochene Wellen geben. Eine kurze Ueberlegung zeigt, daſs

a) die ordentlich gebrochene Welle, welche eine einfallende ordentliche Welle erregt, ohne Richtungsänderung in das zweite Individuum fortschreitet, so dafs eigentlich von einer Brechung dieser Wellen, strenge genommen, nicht die Rede seyn kann. Dabei sind für die ordentliche einfallende, reflectirte und gebrochene Welle Einfalls-, Reflexions- und Brechungswinkel gleich. Bezeichnen wir durch

$$\varphi,\quad \varphi'_0,\quad \varphi'_e,\quad \varphi''_0,\quad \varphi''_e,$$

Einfalls-, Reflexions- und Brechungswinkel der einfallenden ordentlichen und der durch sie erregten reflectirten und gebrochenen ordentlichen und aufserordentlichen Wellen, so haben wir demgemäfs

$$\varphi = \varphi'_0 = \varphi''_0$$

aufserdem aber auch noch

$$\varphi'_e = \varphi''_e$$

b) Ebenso findet sich, wenn

$$\psi,\quad \psi'_0,\quad \psi'_e,\quad \psi''_0,\quad \psi''_e,$$

die analogen Winkel für die einfallende aufserordentliche Welle bezeichnen

$$\psi'_0 = \psi''_0 \quad \psi'_e = \psi''_e,$$

so dafs im Allgemeinen der Satz ausgesprochen werden kann, dafs

in optisch einaxigen Zwillingskrystallen für gleichnamige Wellen der Reflexionswinkel gleich ist dem Brechungswinkel. Dieses Gesetz läfst sich durch Erwägung der Huyghens'schen Construction auch auf die optisch-zweiaxigen Krystalle ausdehnen; es gilt ebensowohl von den Wellennormalen als von den zugehörigen Strahlen.

2. Sucht man die Richtungen der gebrochenen Wellen als Functionen der Richtungen der einfallenden Wellen darzustellen, so findet man, dafs sich zwischen

$$\varphi \text{ und } \varphi''_0 \qquad \psi \text{ und } \psi''_e$$

sehr einfache Relationen aufstellen lassen, während hingegen

$$\varphi \text{ und } \varphi''_e \qquad \psi \text{ und } \psi''_0$$

zu ganz verwickelten, in ihrer allgemeinen Form ganz unbrauchbaren Ausdrücken führen. Der Uebergang von einer Kugelwelle zur andern, oder von einem Wellenellipsoïd zum andern, ist somit weit einfacher als von einer Kugelwelle zu einer ellipsoïdischen Wellenfläche, und umgekehrt. Wenn wir die Richtungen auf ein Coordinatensystem beziehen, wo

OX die Projection der optischen Axen der zwei Individuen auf die Zwillingsfläche,

OY eine gegen OX senkrechte Richtung in der Zwillingsfläche,

OZ die Normale auf die Zwillingsfläche (das Einfallsloth) ist, und

$$u,\ v,\ w;\quad u'',\ v'',\ w'';\quad \xi,\ \eta,\ \zeta;\quad \xi'',\ \eta'',\ \zeta''.$$

die Cosinusse der Winkel bezeichnen, welche die Normale der einfallenden und gebrochenen aufserordentlichen Welle und die zugehörigen Strahlen mit diesen Axen einschliefsen, so ergiebt sich

$$u''=-\frac{Pu}{\sqrt{4Qu(Qu+Pw)+P^2}} \qquad \xi''=-\frac{P\xi-2Q\zeta}{\sqrt{4Q\zeta(Q\zeta-P\xi)+P^2}}$$

$$v''=-\frac{Pv}{\sqrt{4Qu(Qu+Pw)+P^2}} \qquad \eta''=-\frac{P\eta}{\sqrt{4Q\zeta(Q\zeta-P\xi)+P^2}}$$

$$w''=-\frac{Pw+2Qu}{\sqrt{4Qu(Qu+Pw)+P^2}} \qquad \zeta''=-\frac{P\zeta}{\sqrt{4Q\zeta(Q\zeta-P\xi)+P^2}}$$

wo $Q=\left(\frac{o^2}{e^2}-1\right)\sin\alpha\cos\alpha$, $P=1-\left(\frac{o^2}{e^2}-1\right)\sin\alpha^2$, o, e die Geschwindigkeiten der ordentlichen und aufserordentlichen Wellen senkrecht gegen die optische Axe und α den Winkel der optischen Axen gegen die Zwillingsebene bezeichnen. Nennen wir ω das Azimuth der Einfallsebene, so hängen aufserdem u, v, w, ψ etc. durch folgende Relationen zusammen:

$$u=\sin\psi\cos\omega \qquad v=\sin\psi\sin\omega \qquad w=\cos\psi$$
$$u''=-\sin\psi''\cos\omega \qquad v''=-\sin\psi''\sin\omega \qquad w''=-\cos\psi''.$$

Aus diesen Formeln werden folgende anschauliche Sätze abgeleitet:

a) ***die einfallenden und gebrochenen aufserordentlichen Strahlen liegen mit der Projection der optischen Axen immer in einer und derselben Ebene.*** Die Projection der optischen Axen spielt hier also dieselbe Rolle wie das Einfallsloth bei einfach-brechenden Medien, oder wie das Einfallsloth für die Normalen der Wellen. Nennt man in der Fig. 1 Taf. III (wo ZZ die Zwillings-Ebene, OA, OA' die optische Axe)

τ den Winkel, den die Ebene $EER'R''$ (welche den einfallenden Strahl EO und die Projection der optischen Axen $R'R''$ in sich fafst) mit dem Hauptschnitte $HHHH$ einschliefst;

τ'' den analogen Winkel der Ebene $E'E'R'R''$ (welche den gebrochenen Strahl OE' und die Projection $R'R''$ in sich fafst)

χ den Winkel EOR', χ'' den Winkel $E'OR''$,

so läfst sich die Richtungsänderung des gebrochenen Strahles durch die Gleichung

$$\frac{\sin\chi''}{\sin\chi} = \frac{1}{\sqrt{1-4\frac{Q}{P}\cos\tau\sin\chi\left(\cos\chi-\frac{Q}{P}\cos\tau\sin\chi\right)}}$$

ausdrücken, welche gleichsam *den variablen Brechungsindex bezüglich der Projection der optischen Axen* darstellt. Hieraus wird eine Constructionsmethode abgeleitet, welche, einfacher als die Huyghens'sche, die Richtungen der gebrochenen Strahlen mit Umgehung der Construction von Ellipsoïden als Durchschnitt zweier leicht zu bestimmenden Ebenen giebt. (Denkschr. d. Wien. Akad. IX, 63, 64.)

b) Legt man eine Ebene auch durch den reflectirten Strahl OE_1 und nennt τ' den Winkel, den diese Ebene mit dem Hauptschnitte einschliefst, so findet man

$$\tau = \tau' = \tau''$$

d. i. die *Ebenen des einfallenden, reflectirten und gebrochenen Strahles schliefsen mit dem Hauptschnitte gleiche Winkel ein.*

c) Denkt man sich senkrecht gegen den Hauptschnitt

eine Ebene gelegt (den Querschnitt), so werden die Normalen der gebrochenen Wellen rechts oder links gegen diese einfallen, je nachdem die Normalen der einfallenden Wellen links oder rechts davon liegen. Insofern stimmen die Verhältnisse der Wellennormalen ganz mit denjenigen überein, welche sich bei dem Uebergange des Lichts aus einfachbrechenden Medien in einfach- oder doppeltbrechende Medien zeigen. Anders gestaltet es sich für die Strahlen. Bis zu einer gewissen Gränze, welche durch eine schiefe konische Fläche bezeichnet wird, begegnen wir zwar auch hier derselben Erscheinung; erreicht aber einfallender Strahl diesen Gränzkegel, so dringt der gebrochene Strahl im Querschnitte ins zweite Medium; überschreitet dann der einfallende Strahl die Gränze, *so werden die Strahlen gegen dieselbe Seite des Querschnittes gebrochen, von welcher her der einfallende Strahl kommt.* Dieſs währt so lange fort, bis der einfallende Strahl selbst in den Querschnitt gelangt; dann liegen die Richtungen der gebrochenen Strahlen in der Gränzkegelfläche des zweiten Individuums. Beim weiteren Fortrücken des einfallenden Strahles kehren dann die gewöhnlichen Verhältnisse wieder; einfallender und gebrochener Strahl liegen auf entgegengesetzten Seiten des Querschnitts. Verfolgen wir diesen Gang im Hauptschnitte (Taf. III Fig. 2), so finden wir, daſs der gebrochene Strahl senkrecht gegen die Zwillingsebene steht, sobald $EOZ = \psi$

$$\operatorname{tg} \psi = 2 \frac{P}{Q}$$

wird; für kleinere Einfallswinkel, z. B. $E_1 OZ$ erhält der gebrochene Strahl die Richtung OE''_1, und für einen Strahl eO, wo

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{Q}{P} = \operatorname{tg} \mu$$

schlieſst der gebrochene Strahl Oe'' mit OX denselben Winkel ein wie der einfallende. Ich habe diesen Winkel μ den *charakteristischen Winkel des Zwillingskrystalles* genannt, weil er nur die Constanten des Zwillings in sich enthält und dadurch bedeutsam wird, daſs durch seine Einführung

viele Formeln auf eine einfachere Gestalt gebracht werden können. — Erreicht der einfallende Strahl das Einfallsloth ZO, so befindet sich der gebrochene in der Richtung OE' und es ist $E'OZ' = EOZ$.

d) der gebrochene Strahl wird aus der Einfallsebene abgelenkt. Ist δ der Winkel, den Brechungs- und Einfallsebene unter einander einschliefsen, so findet man

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{2\sin\omega\operatorname{tg}\mu}{\operatorname{tg}\psi - 2\cos\omega\operatorname{tg}\mu}.$$

Die Ablenkung ist somit um so gröfser, je mehr der einfallende Strahl sich dem Einfallsloth nähert; für $\psi = a$, erreicht δ den Werth $\frac{\pi}{2}$; es stände somit die Brechungsebene senkrecht auf der Einfallsebene. Da aber die Einfallsebene für den senkrecht einfallenden Strahl unbestimmt wird, so mufs $\delta = \frac{\pi}{2}$ als eine Gränze betrachtet werden, gegen welche hin die Ablenkungswinkel der beiden Ebenen bei abnehmenden Werthen des Einfallswinkels convergiren.

3. Totalreflexion kann an Zwillingsflächen wegen der Gleichheit des Reflexions- und Brechungswinkels nicht eintreten, wohl aber der Fall, dafs eine einfallende ordentliche (oder aufserordentliche) Welle nur noch ordentliche (oder aufserordentliche) Wellen durch Reflexion und Refraction erzeugt; das erstere bei negativen, das letztere bei positiven Krystallen. Wir finden daher für den Kalkspath einen *Gränzkegel der einfachen ordentlichen Reflexion und Brechung*: es ist ein elliptischer Kegel, dessen Axe im Hauptschnitte sich zur Axe im Querschnitte verhält, wie

$$1 + \left(\frac{o^2}{e^2} - 1\right)\sin\alpha^2 : \frac{o^2}{e^2};$$

für den Quarz *einen Gränzkegel der einfachen aufserordentlichen Reflexion und Brechung*, einen schiefen elliptischen Kegel, dessen Mittellinie in der Hauptschnittsebene liegt und der Normale auf die Zwillingsfläche den Winkel β einschliefst, welcher durch

$$\operatorname{tg} 2\beta = \frac{2\left(\frac{o^2}{e^2}-1\right)\sin\alpha\cos\alpha}{1+2\left(\frac{o^2}{e^2}-1\right)\sin\alpha^2}$$

und ein Axenverhältnifs in einem zur Mittellinie senkrechten Schnitte besitzt, welches durch

$$\frac{b^2}{a^2} = \left(1-\frac{o^2}{e^2}\right)\left[\left(\frac{1-\sqrt{1+4\frac{o^2}{e^2}\left(\frac{o^2}{e^2}-1\right)\sin\alpha^2}}{1+\sqrt{1+4\frac{o^2}{e^2}\left(\frac{o^2}{e^2}-1\right)\sin\alpha^2}}\right)^2 - 1\right]$$

Es kann daher geschehen, dafs ein Lichtstrahl, welcher durch einen Zwillingskrystall dringt, dreigetheilt aus demselben austritt; aus dem Kalkspath erhält man zwei ordentliche und ein aufserordentliches Bild. Es ist in der That ein Krystall geschnitten worden, der diese Verhältnisse zeigt: es versteht sich, dafs es nur für eine beschränkte Anzahl von Incidenzen möglich ist dieselben hervorzurufen: es mufs eine passende Fläche erst geschnitten werden, da die natürlichen Rhomboëderflächen unter keinem Einfallswinkel das Licht gegen die gewöhnlichen Zwillingslamellen so brechen, dafs es bereits innerhalb der Gränze der beschriebenen Kegelfläche an die Trennungsebene der beiden Individuen gelangte. Es ist dieser Fall auch wohl zu unterscheiden von dem von Brewster zuerst beobachteten und in dessen und Radicke's Optik näher beschriebenen Vorkommen, wo eine sehr dünne Zwillingsschicht sich in ein gröfseres Krystallindividuum einbettet und das Uebereinanderfallen zweier mittlerer Bilder O und E' bewirkt, während die Bilder O' und E weiter auseinander treten, so dafs bei einer Analyse mittelst der Turmalinplatte das mittlere Bild (Taf. III Fig. 3) sich behauptet, während die beiden äufsersten abwechselnd ausgelöscht werden. Bei der hier beschriebenen und beobachteten Erscheinung verschwinden immer zwei Bilder zugleich, während das dritte in das Maximum der Helligkeit tritt (Taf. III Fig. 4). Ob ein Krystallstück, in dem sich eine deutliche Zwillingsfläche befindet, aus zwei hemitropen Individuen oder aus einem einzigen, mit Ein-

schiebung einer ganz dünnen Zwillingsschicht bestehe, kann man am besten mit Hülfe der Interferenzlinien untersuchen welche man sieht, wenn man eine Spiritusflamme, die homogen gelb gefärbt ist, an der Zwillingsebene sich spiegeln läfst, und die nicht erscheinen, wenn zwei gröfsere Individuen hemitrop gelagert sind.

Verfolgt man die Veränderungen, die ein Lichtkegel bei seinem Durchgange durch die Zwillingsebene in seinen Dimensionen erfährt, so findet man

a) der einfallende schiefe elliptische Lichtkegel besteht aus ordentlichen Strahlen: der gebrochene ordentliche Strahlkegel ist die ununterbrochene Fortsetzung des einfallenden, der gebrochene aufserordentliche Strahlkegel ist ebenfalls schief, jedoch im Allgemeinen vom vierten Grade;

b) der einfallende schiefe elliptische Lichtkegel besteht aus aufserordentlichen Strahlen: der gebrochene ordentliche Strahlenkegel ist schief und elliptisch (selbst wenn der einfallende vom vierten Grade seyn sollte); der gebrochene aufserordentliche Strahlenkegel ist schief und stets von demselben Grade, wie der einfallende.

4. *Intensität.* Es ist begreiflich, dafs die Intensitätsverhältnisse durch das Nebeneinandersetzen zweier doppelbrechender Mittel noch viel verwickelter ausfallen müssen, als sie es schon für den Uebergang aus einem einfach-brechenden in ein doppel-brechendes Medium sind. Gleichwohl lassen sich einige Phänomene herausheben, welche an sich merkwürdig genug sind und es noch mehr werden, wenn man sie mit den bisher bekannten Verhältnissen vergleicht.

a) die einfallende ordentliche Welle geht zwar ungebrochen in das zweite Individuum über, *erleidet aber gleichwohl eine Schwächung ihrer Lichtstärke durch ordentliche Reflexion*, abgesehen von der gleichzeitig stattfindenden Erzeugung einer aufserordentlich gebrochenen und reflectirten Welle.

Was für einfach-brechende Medien, und Krystalle und ein-brechende Medien nur für die senkrechte Incidenz ist, nämlich der Strahl ungebrochen, aber durch Re-

flexion geschwächt, ins zweite Mittel dringt, findet hier im Allgemeinen für jede Incidenz des ordentlichen Strahles statt. Es erinnert dieſs an das analoge Verhältniſs in den Richtungen: während bei isotropen Medien nur für den einzigen Fall der senkrechten Incidenz Einfalls-, Reflexions- und Brechungswinkel gleich ist, findet die Gleichheit bei Zwillingen für jeden Einfallswinkel statt (s. 1, *a*).

b) *Im Hauptschnitte pflanzen sich die ordentlichen Strahlen ohne Aenderung ihrer Intensität ins zweite Individuum fort.* Im Hauptschnitte stellt daher ein optisch-einaxiger Zwilling bezüglich der ordentlichen Strahlen ein einziges ununterbrochenes Individuum dar. Betrachtet man das Spiegelbild eines leuchtenden Punktes durch ein Nicol'sches Prisma, so wird beim Drehen des Krystalles das ordentliche Bild um so schwächer, je mehr die Einfallsebene sich dem Hauptschnitte nähert, der Hauptschnitt des Nicols habe dabei welche Lage immer. Im Hauptschnitte verschwindet es ganz.

c) Aehnlich, aber nicht gleich, verhalten sich die aufserordentlichen Strahlen im Hauptschnitte. *Sie pflanzen sich ins zweite Individuum mit ungeänderter Intensität fort, ohne jedoch ihre ursprüngliche Richtung zu behaupten*; diese erfährt vielmehr alle die sonderbaren Variationen, die unter 2,*c* angeführt wurden. Die isophanen Mittel, welche durch Reflexion vollständig (oder nahe zu vollständig) polarisiren, zeigen eine Erscheinung, an welche die hier beschriebene erinnert. Der unter dem Polarisations- (Hauptincidenz-) Winkel einfallende Lichtstrahl wird nämlich, sobald seine Oscillationsebene mit der Einfallsebene coïncidirt, gänzlich (oder nahe zu gänzlich) in das zweite Medium dringen, und es wird sich dabei zwar seine Richtung, aber nicht (oder kaum) seine Intensität ändern. Was nun bei isophanen Medien für den Polarisations- (Hauptincidenz-) Winkel, das gilt im Hauptschnitte eines optisch-einaxigen Zwillingskrystalles für jeden Incidenzwinkel des aufserordentlichen Strahles; wir haben daher dort einen *Winkel*, hier eine *Ebene der totalen Brechung*.

d) Sehr mannigfach gestalten sich die Verhältnisse im Querschnitte eines Zwillingskrystalles; wir finden hier den reflectirten Antheil beträchtlicher, als unter irgend einem andern Azimuth. Berücksichtigen wir blofs die Amplituden (die Intensitäten sind proportional dem Quadrate der Amplitude und der bewegten Massen), so finden wir für die einfallende ordentliche Welle in einem Kalkspathzwillinge:

dafs unter allen Incidenzen das gebrochene Licht das reflectirte an Intensität weit übertrifft;

dafs unter den beiden gebrochenen Wellen die Amplitude der ordentlichen Welle um so gröfser ist (sowohl an sich, als auch verglichen mit der Amplitude der aufserordentlichen Welle), je kleiner der Neigungswinkel α gegen die Zwillingsebene ist;

dafs bei wachsenden Werthen von α und φ die Amplitude der ordentlich gebrochenen Welle rasch abnimmt und endlich selbst durch die Null geht, bei dem Zwilling

$\alpha = 45° 23',4$ verschwindet $\mathfrak{A}''$ (die Ampl. der ord. gebr. Welle) noch unter keiner Incidenz, obschon es für grofse Incidenzwinkel fast unmerklich wird; bei einem Zwilling von

$\alpha = 50°$ (der zwar in der Natur weder vorkommt, noch vorkommen kann, hier aber als Uebergangsglied immerhin betrachtet werden kann) würde $\mathfrak{A}''_0 = o$ für $\varphi = 58°$ und müfste darüber hinaus wieder zunehmen; bei dem Zwilling

$\alpha = 63° 44',8$ tritt diefs schon unter einer Incidenz $\varphi = 30°$ ein; bei einem Zwilling

$\alpha = 80°$ müfste $\mathfrak{A}''_0$ schon bei $\varphi = 10°$ verschwinden. — Nachdem $\mathfrak{A}''_0$ durch die Null gegangen, nimmt es rasch wieder zu, so dafs es sich dem Werthe von $\mathfrak{A}''_e$ aufs neue nähert und dasselbe bei Zwillingen jenseits $\alpha = 70°$ erreicht und weiterhin selbst überholt; bei $\alpha = 80°$ ist $\mathfrak{A}''_0$ wieder beträchtlich gröfser als $\mathfrak{A}''_e$ für alle Incidenzen $\varphi > 25°$;

dafs bei wachsenden Werthen von α und φ $\mathfrak{A}''_e$ erst gleichförmig zunimmt; sobald aber α dem Werthe von 60° sich nähert, bei $\varphi = 45°$ eine Verzögerung im zunehmenden Wachsthum erfährt, welche bei höheren Werthen von α

auch durch eine ganze Reihe von Incidenzwinkeln vor und nach $\varphi = 45°$ sich erhält, bald auch in eine Verringerung von $\mathfrak{A}''$, übergeht, so dafs die Curve, welche den Gang dieser Verhältnisse darstellt, für die höheren Werthe von α eine Schlangenwindung zeigt; die gröfste Amplitude $\mathfrak{A}''$, entspricht immer nahezu dem Incidenzwinkel, für welchen $\mathfrak{A}''$, sein Minimum erreicht, ohne jedoch genau mit diesem zusammen zu treffen.

Die Punkte 2, 3, 4 wurden an einem Kalkspathprisma folgendermafsen nachgewiesen. Im Doppelspath werden häufig in ein einziges Individuum zahlreiche höchst feine Zwillingsplatten eingebettet gefunden, deren Ebenen parallel einer Fläche des nächst stumpferen Rhomboëders liegen. Ist $ABCDEFGA'$ (Taf. III Fig. 5) die Theilungsgestalt des Kalkspathes, so stellt $abcd$ eine solche Zwillingslamelle dar. Ich wählte einen Doppelspath, der diese Lamellen in ziemlicher Entfernung von einander zeigte, schnitt parallel einer solchen ein Stück $a'b'c'd'$ AD ab, entfernte die Ecken A und D durch Schnitte, welche etwa 30° gegen $a'b'c'd'$ geneigt waren, und in der Kante fg sich begegneten; die Fläche $a'b'c'd'$ wurde matt geschliffen, die Seiten adf, $dfgc$, cgb, $bgfa$ dagegen sauber geschliffen und polirt. Sieht man durch eine der Seiten adf, cgb, so gewahrt man vier Spiegelbilder einer gegenüberstehenden Kerze, welche um so heller werden, je mehr die Einfallsebene der Linie fg, d. i., dem Querschnitte sich nähert; beim Neigen des Krystalles in dieser Ebene gewahrt man Zu- und Abnahme der Bildintensitäten, entsprechend den Curven, welche ich in meiner ausführlichen Abhandlung in den Denkschriften der Wiener Akademie berechnet und besprochen habe; unter keinem Azimuth der Einfallsebene verschwindet irgend eines der vier Spiegelbilder. — Bringt man nun eine der Flächen $abfg$, $fgcd$ vor das Auge, so erblickt man zwar wieder vier Bilder der Kerzenflamme: aber sie sind weit matter als jene, welche die erste Stellung des Prismas zeigte und werden immer schwächer, je mehr sich die Einfallsebene einer auf fg senkrechten Lage (dem Hauptschnitte) nähert; in der

Nähe dieser verschwinden alle vier Bilder und treten erst dann wieder auf, wenn die Einfallsebene nach der andern Seite hin aus dem Hauptschnitte getreten ist. Dieses Prisma wurde der K. Akademie der Wissensch. vorgelegt, wo das beschriebene Phänomen durch den Anblick der zahlreichen gespiegelten Gasflammen und das gänzliche Verschwinden derselben im Hauptschnitte noch augenfälliger sich darstellte.

So bieten die optisch-einaxigen Zwillinge eine Reihe eigenthümlicher Erscheinungen dar, die zum Theil einfacher, zum Theil viel verwickelter und verborgener sind, als jene, welche sich beim Uebergang des Lichtes aus einem einfachbrechenden in ein einfach- oder doppel-brechendes Medium ergeben; beides, die gröfsere Einfachheit sowohl, als auch die complicirtere Gestaltung, ist bedingt durch die eigenthümliche Combination der zwei Individuen, welche, bei gleichen Werthen der Brechungsindices nur in der Verschiedenheit der Richtungen von einander abweichen. Auf manches, wie z. B. das Nichtentstehen longitudinaler Vibrationen, konnte hier nicht eingegangen werden, und ich mufs in dieser Beziehung auf meine Abhandlung selbst verweisen; hier galt es nur, die Sätze zusammenzustellen, welche sich als eine Erweiterung eines Kapitels der Physik der Krystalle ergeben haben.

III. *Ueber Beugungserscheinungen; von H. Meyer in Leipzig.*

Betrachtet man einen kleinen leuchtenden Punkt innerhalb oder aufserhalb der deutlichen Sehweite, so müssen Beugungserscheinungen im Auge entstehen, und diese sollen im Folgenden betrachtet werden:

1. Bezeichne *O* (Fig. 6 Taf. III) das Auge, *A* einen leuchtenden Punkt aufserhalb der deutlichen Sehweite. Die von *A* ausgehenden Strahlen vereinigen sich im Vereini-

gungspunkte a (wenn wir jetzt von der sphärischen Abweichung des Auges absehen) und erzeugen auf der Netzhaut ein vergrößertes Bild rs. Bezeichnet WW die in der Weite des deutlichen Sehens befindliche Welle, so wird, da das Auge die in der deutlichen Sehweite befindlichen leuchtenden Punkte genau sieht, d. h. da die von R oder S ausgehenden Strahlen sich auf der Netzhaut wieder vereinigen, man eigentlich nicht ein vergrößertes Bild von A, sondern das Bild der Welle RS im Auge empfinden, denn nach dem Huyghens'schen Princip erzeugt jeder einzelne Punkt einer Welle eine neue Welle, deren Intensität allerdings nicht in allen Radien gleich ist, sondern beim Entfernen von der radialen Richtung AS, AR etc. sehr schnell abnimmt. In Bezug auf die Größe des Bildes wird eine Aenderung natürlich nicht bedingt, ob wir annehmen, das Bild entsteht, indem sich die Welle in a vereinigt [1]), und von da eine neue Welle ausgeht, oder ob wir annehmen, daß die, von den zwischen R und S gelegenen Punkten ausgehenden Wellen sich zwischen r und s wieder vereinigen und so das Bild veranlassen (indem sich die von diesen Punkten ausgehenden, zwischen s und r zusammenkommenden Wellen in gleichem Schwingungszustande befinden und somit unterstützen, während die von näher oder entfernter gelegenen Punkten ausgehenden Wellen sich hinter oder vor der Netzhaut vereinigen), allein in Bezug auf die eintretenden Beugungserscheinungen wird dadurch allerdings eine kleine Aenderung eintreten können.

Wir müßten also bei unserer folgenden Untersuchung die Mittelpunkte der Wellen eigentlich nach rs verlegen, allein dadurch wird die Untersuchung ungemein erschwert; 1) weil wir die Abnahme der Intensität der

1) Wir nehmen hier nach Fresnel an, daß eine auf eine Linse auffallende Welle so abgelenkt werde, daß sie hinter der Linse wieder auf *einen* Punkt zusammenkommt. Die bei Zugrundlegung dieser Annahme von Fresnel gefundenen Resultate stimmen so genau mit den Versuchen zusammen, daß es wohl gerechtfertigt erscheinen wird, wenn wir hier von diesem Satze Gebrauch machen.

von R z. B. ausgehenden Welle in den von RA abweichenden Radien nicht kennen, welche jedenfalls sehr bedeutend ist, so dafs wir die Intensität bei nur einigermafsen abweichenden Radien schon vernachlässigen können; und 2) weil zur Bestimmung der bei r eintretenden, durch die Kante der Iris verursachten Beugungserscheinung nicht nur die von R ausgehende Welle zu berücksichtigen ist, sondern auch die Wellen der R zunächst liegenden Punkte Einfluſs ausüben. Wir wollen daher im Folgenden annehmen, die Wellen vereinigen sich in a, die dadurch bedingte Aenderung kann in Betracht der Kleinheit des Abstandes ar nicht bedeutend seyn, und die Rechnung wird wesentlich erleichtert, weil wir jetzt nur eine nach a gerichtete Welle von gleicher Intensität in Betracht zu ziehen haben. Auch bei den späteren Untersuchungen ist dieselbe Annahme zu Grunde gelegt, ohne es jedesmal ausdrücklich zu erwähnen.

2. Die nach a gerichtete Welle [1]) wird durch die Iris zum Theil abgehalten, es werden daher Beugungserscheinungen eintreten müssen. Liegt a nur einigermafsen von der Netzhaut entfernt, so können die von p_1 ausgehenden Wellen auf r keinen zu berücksichtigenden Einfluſs mehr ausüben, da $p_1 r$ zu sehr von der Richtung $p_1 a$ abweicht; zur Bestimmung der Intensität des nach r kommenden Lichtes sind nur die zunächst an p angränzenden Theile der Welle $p_1 p$ zu berücksichtigen; wir haben also hier nicht den Fall, wenn das Licht durch eine kleine Oeffnung geht, sondern den Fall, wenn das Licht an einer Kante vorbeigeht, vorliegend. Für die Nähe der Netzhaut ist in Bezug auf seitlich gelegene Punkte, wie r oder s, die Pupille zu grofs, um sie als Oeffnung betrachten zu können; wir können nur die Beugung an einer Kante berücksichtigen. Je weiter der Punkt, dessen Intensität bestimmt werden soll, nach t zu liegt, um so mehr verlieren die zunächst an p angränzenden Theile der Welle pp_1 und gewinnen die p_1 zunächstliegenden Theile an Wirksamkeit. Ist rs ziemlich

1) Wir sehen hier von dem Einflusse der Linse ab, durch welche ebenfalls kleine Aenderungen bedingt werden können.

grofs, so werden für t die Ränder fast ohne Einfluſs seyn, wir haben also nach Innen dasselbe Licht, als ob *kein* Schirm da wäre, ist jedoch rs nicht bedeutend, so werden wir für das Innere des Bildes die Beugung durch eine runde Oeffnung, für die Ränder die Beugung an einer Kante zu bestimmen haben.

Diese soeben angegebenen Verhältnisse stellen sich in noch auffälligerem Grade heraus, wenn wir auf die sphärische Abweichung Rücksicht nehmen Fig. 7 Taf. III. Die mittleren Theile vereinigen sich noch auf einem Punkte der Netzhaut, während die Randstrahlen schon ein vergröſsertes Bild verursachen; trifft kein Vereinigungspunkt mehr die Netzhaut, so verursachen die äuſsersten Strahlen schon ein ziemlich groſses Bild, rs, so daſs wir für die Mitte die von p und p_1 kommenden Strahlen zu vernachlässigen haben.

3. C Fig. 8 sey der Mittelpunkt, nach welchem eine am Schirme S vorbeigehende Welle gerichtet ist, es soll die Intensität des Lichtes in D bestimmt werden.

Die von Fresnel angegebene Ableitung der äuſseren Fransen (*Mém. sur la diffraction de la lumière*) bezieht sich auf den Fall, daſs vom leuchtenden Punkte C Fig. 9 ausgehendes Licht vom Schirme S abgelenkt werde; die Differenz der Wege CD und $AC+AD$, d. i. AF, ergiebt sich dann annähernd:

$$AF = \frac{AJ^2}{2CJ} + \frac{AJ^2}{2OJ} \text{ d. i.}$$

$$= \frac{z^2}{2a} + \frac{z^2}{2b} = \tfrac{1}{2} z^2 \left(\frac{a+b}{ab}\right).$$

Wenden wir dieſs auf den vorliegenden Fall an, so läſst sich ebenfalls annähernd setzen (Fig. 8):

$$AF = \frac{AJ^2}{2JC} - \frac{AJ^2}{2JD}$$

$$= \frac{z^2}{2a} - \frac{z^2}{2b}$$

$$= \frac{z^2}{2} \cdot \frac{b-a}{ab}$$ [1])

1) Derselbe Werth ergiebt sich durch folgende Rechnung:

Da es auf diesen Werth bei der von Fresnel ausgeführten Rechnung zunächst nicht ankommt, so kann die weitere Ableitung ganz wie dort ausgeführt erfolgen, und erhalten wir so:

$$z = n\sqrt{\frac{ab\lambda}{2(b-a)}},$$

worin λ die Wellenlänge und n durch Integralrechnung bestimmte, den Maximis oder Minimis entsprechende Zahlwerthe bedeuten.

Die Breite der Franse x oder vielmehr der Abstand der betreffenden Linie von der Gränze des geometrischen Schattens folgt sodann aus der Proportion:

$$z : x = a : b - a$$

$$x = \frac{b-a}{a} z.$$

$$= n\sqrt{\frac{b(b-a).\lambda}{2a}}.$$

Nach Fresnel ist für das

			n	Intensität
Max.	der	ersten Ordnung	1,2172	2,7413
Min.	»	» »	1,8726	1,5570
Max.	»	zweiten »	2,3449	2,3990
Min.	»	» »	2,7392	1,6867
Max.	»	dritten »	3,0820	2,3022
Min.	»	» »	3,3913	1,7440
Max.	»	vierten »	3,6742	2,2523
Min.	»	» »	3,9372	1,7783
		etc.		

$AF = b - AD$; $AD^2 = a^2 + (b-a)^2 - 2a(b-a)\cos ACD$, d. i.

da $\cos JCA = \frac{2a^2 - z^2}{2a^2} = 1 - \frac{z^2}{2a^2}$,

$$AD^2 = a^2 + (b-a)^2 + 2a(b-a)\left(1 - \frac{z^2}{2a^2}\right) = b^2 - z^2\frac{b-a}{a}.$$

$$AF = b - \sqrt{b^2 - z^2\frac{b-a}{a}} = \tfrac{1}{2}z^2\frac{b-a}{ab}.$$

Bei sehr grofsen Werthen von a und b und kleiner Oeffnung, in welchem Falle man die Bogen als gerade Linien und die Strahlen als parallel annehmen kann, wird man die Differenzen mit z proportional nehmen können, wie es Fresnel für Linsen angenommen hat, hier wir es jedoch immer mit kleinen Halbmessern zu thun.

Es ist daher der Abstand des ersten Minimum:

$$x = 1{,}873 \sqrt{\frac{b\,(b-a)\lambda}{2a}}.$$

4. Diese soeben abgeleitete Formel bestimmt die Erscheinungen, wie sie am Rande des vergrößerten Bildes eines außerhalb der deutlichen Sehweite befindlichen Punktes eintreten müssen. Allerdings ist sowohl bei der von Fresnel angegebenen, als auch bei der obigen Ableitung vorausgesetzt, daß der die Beugungserscheinungen verursachende Schirm eine *gerade* Kante besitze, während die Pupille einen Durchmesser von 3,4 bis 5^{mm} besitzt; berücksichtigen wir jedoch die Nähe der das Bild auffangenden Netzhaut und die schnelle Abnahme der Intensität, sobald der zu betrachtende Strahl einen Winkel mit dem Strahl der größten Intensität bildet, so ergiebt sich leicht, daß diese Krümmung auch hier nur eine ganz unbedeutende Aenderung zu bedingen vermag.

Setzen wir die Entfernung des Brennpunktes von der Netzhaut $= d$, so ist $a = b - d$ und obige Formel geht über in:

$$x = n \sqrt{\frac{b\,.\,d\lambda}{(b-d)}}.$$

Für die Breite der ersten Franse ergiebt sich demnach im rothen Lichte von der Wellenlänge $\lambda = 0{,}000638$, $b = 21^{mm}$ angenommen:

$$x = 1{,}873 \sqrt{\frac{21\,.\,0{,}000638\,.\,d}{2\,.\,(21-d)}}$$

$$x = 1{,}873\,.\,0{,}0818 \sqrt{\frac{d}{21-d}}$$

$$x = 0{,}153 \sqrt{\frac{d}{21-d}}.$$

Für $d = \frac{1}{2}^{mm}$:

$$x = 0{,}153\,.\,0{,}156 = 0{,}0239.$$

$$\angle\, \alpha = 5{,}5 \text{ Minuten.}$$

Für $d = 1^{mm}$:

$$x = 0{,}153\,.\,0{,}2236 = 0{,}0342.$$

$$\alpha = 8 \text{ Minuten.}$$

Für $d = 2^{mm}$:

$$x = 0{,}153 \,.\, 0{,}3244$$
$$= 0{,}0496. \quad \alpha = 11{,}4 \text{ Minuten.}$$

Die beigeschriebenen Winkelwerthe α geben an, welchem Sehwinkel dieses Netzhautbildchen entspricht. Der Abstand des Kreuzungspunktes im Auge von der Netzhaut ist dabei $= 15^{mm}$ angenommen.

Die zweite dunkle Linie entsteht bei:

$$x = 2{,}7392 \sqrt{\frac{21 \,.\, 0{,}000638 \,.\, d}{2\,(21 - d)}}$$

$$x = 2{,}7392 \,.\, 0{,}0818 \sqrt{\frac{d}{21 - d}}$$

$$= 0{,}2241 \,.\, \sqrt{\frac{d}{21 - d}}.$$

Für $d = \frac{1}{2}^{mm}$:

$$x = 0{,}2241 \,.\, 0{,}156 = 0{,}03496; \quad \alpha = 8 \text{ Minuten.}$$

Für $d = 1$:

$$x = 0{,}2241 \,.\, 0{,}2236 = 0{,}0501; \quad \alpha = 11{,}4 \text{ Minuten.}$$

Für $d = 2$:

$$x = 0{,}2241 \,.\, 0{,}3244 = 0{,}0727; \quad \alpha = 16 \text{ Minuten.}$$

Für Violett ist die Wellenlänge $= 0{,}0003963^{mm}$; somit wird der erste dunkle Streifen eintreten bei:

$$x = 1{,}873 \sqrt{\frac{21 \,.\, 0{,}0003963 \,.\, d}{2 \,.\, (21 - d)}}$$

$$= 1{,}873 \,.\, 0{,}0645 \sqrt{\frac{d}{21 - d}}$$

$$= 0{,}1208 \sqrt{\frac{d}{21 - d}}$$

$$= 0{,}1208 \sqrt{\frac{d}{21 - d}}.$$

Für $d = \frac{1}{2}$:

$$x = 0{,}1208 \,.\, 0{,}156 = 0{,}01884.$$

Für $d = 1$:

$$x = 0{,}1208 \,.\, 0{,}2236 = 0{,}0270.$$

Für $d = 2$:

$$x = 0{,}1208 \,.\, 0{,}3244 = 0{,}0392.$$

Nach *innen* wird in den Streifen sonach das Roth, nach *ıfsen* das Blau sichtbar werden, da das Blau das Maxium der Intensität eher erreicht als das Roth. An der ränze selbst ist die Intensität sämmtlicher Farben gleich, ämlich $= 0{,}5$.

Auch über die Gränze des geometrischen Schattens, d. i. ber r und s hinaus wird die Beugung von Einflufs seyn, e nimmt von 0,5 allmählich ab. (Fresnel *Mém. sur la iffraction de la lumière p.* 430.) Im Abstande

$$x = v\sqrt{\frac{b.(b-a)\lambda}{2a}} = v\sqrt{\frac{b.d.\lambda}{2(b-d)}}, \text{ wo}$$

$v =$	ist die Intensität =
0,10	0,4095
0,2	0,3359
0,5	0,1898
1	0,0825
2	0,0247
3	0,0113
4	0,0064
5	0,0041

Für $d = \frac{1}{2}$ und rothes Licht ergiebt sich hiernach die Intensität in einem Abstande

$$x = 0{,}1\sqrt{\frac{21.d.0{,}000638}{2(21-d)}}$$

$$= 0{,}1 . 0{,}0818\sqrt{\frac{d}{21-d}}$$

$$= 0{,}1 . 0{,}0818 . 0{,}156 = 0{,}1 . 0{,}01276 = 0{,}001276$$

Abstand.	$\angle\alpha$.	Intensität.
$x = 0{,}001276$	16 Sec.	0,4095
$x = 0{,}002552$	35 Sec.	0,3359
$x = 0{,}006380$	1,5 Min.	0,1898
$x = 0{,}01276$	3 »	0,0825
$x = 0{,}02552$	6 »	0,0247
$x = 0{,}0638$	15 »	0,0041.

5. Ist die Entfernung des Vereinigungspunktes von der Netzhaut ziemlich grofs, so wird, wie schon unter 2) ge-

zeigt, für die Mitte des Bildes die Pupille ohne Einfluſs seyn. Wir müſsten demnach einen entfernten Punkt als eine am Rande von mehreren dunklen, nach innen immer enger zusammenstehenden Ringen unterbrochene Scheibe erblicken. Dieſs ist nun aber, wie schon in dem Aufsatze Pogg. Ann. XCVII S. 233 gezeigt, nicht der Fall, dem kurzsichtigen Auge erscheint vielmehr eine etwa 40 — 50 Fuſs entfernte Lichtquelle als eine, von einem aufsen blauen, innen rothen Rande begränzte, mit dunklen Punkten besäete Scheibe. Der innere Theil wird gleichsam aus einem lichten Gewebe von ziemlich viel Maschen gebildet. Die Maschen werden um so enger, je näher sie dem Mittelpunkte der Scheibe stehen; auf die Länge des Radius kommen etwa 6 Maschen. Der äuſsere Kranz ist nur an wenigen Stellen von dunklen Punkten unterbrochen, an einigen anderen Stellen ist eine etwas gröſsere Helligkeit zu bemerken; er ist nicht vollkommen rund, je nach der Gestalt der Pupille; an einigen Stellen ist er etwas eingedrückt. Der innere rothe Saum verursacht, daſs dieser äuſsere Ring von der Scheibe scharf abgegränzt sich darstellt; auch das äuſsere Blau ist deutlich wahrzunehmen.

Von den die Maschen bildenden Linien zeigen einige der dem Rande näher liegenden nach aufsen blaue, nach innen rothe Säume; an den der Mitte näher liegenden Linien sind meist keine Farben wahrzunehmen. Dieses Netz bleibt unverändert dasselbe, wird aber zuweilen von vorübergehenden Erscheinungen unterbrochen. So gehen häufig während des Beobachtens dunkle, mit mehreren schmalen, abwechselnd hellen und dunklen, nach aufsen immer enger werdenden Ringen umgebene Punkte durch das Feld, verursacht durch Beugung des Lichts an vorübergehenden Fettkügelchen. Auch ganze helle Linien gehen nicht selten quer durch, sie zeigen nach aufsen blaue, nach innen rothe Ränder. Drückt oder reibt man das geschlossene Auge etwas, so treten ähnliche, quer durch das vergröſserte Bild gehende, aufsen blau und innen roth besäumte Linien auf und bleiben längere Zeit stehen; sie verschwinden selbst

beim Oeffnen und Schliefsen des Auges nicht, vergehen aber sogleich oder werden doch andere, sobald man das Auge wieder reibt; sie werden demnach wahrscheinlich von Runzeln verursacht, die sich beim Drücken des Auges in der Conjunctiva bilden.

Der aufsen blaue, nach innen rothe, das vergröfserte Bild umschliefsende Ring ist offenbar die erste, breiteste Franse der am Rande der Pupille verursachten Beugungserscheinung [1]).

Ein 19 Fufs entfernter leuchtender Punkt verursacht eine Scheibe von $\frac{3}{8}$ Zoll Durchmesser (gemessen in 16 Zoll Entfernung vom Auge) mit einem nicht ganz $\frac{1}{176}$ Zoll breiten äufseren Rande, wonach sich für die Breite des Netzhautbildchens $0{,}35^{mm}$ und für die Breite des Randes im Auge $0{,}058^{mm}$ ergiebt. Der Abstand des Brennpunktes ergiebt sich, die Gröfse der Pupille $= 3{,}4$ angenommen, durch die Proportion:

$$3{,}4 : 0{,}35 = 21 - x : x$$
$$x = 2^{mm}.$$

Die bei $d = 2^{mm}$ sich ergebende erste Franze betrug aber: 0,0496, welcher Werth mit dem oben gefundenen gut übereinstimmt.

Das innere Netz läfst sich durch die blofse Beugung am Rande der Pupille nicht erklären. Ein Einflufs der Ränder auf die mittleren Theile wird bei dieser Gröfse des Netzhautbildes nicht anzunehmen seyn, doch selbst vorausgesetzt, dafs ein solcher Einflufs stattfinde, würde er nur eine Aenderung in der Entfernung der hellen und dunklen Linien, aber kein derartiges Netz bedingen können; wir müssen also zur Erklärung dieser Erscheinung noch andere Beugungserscheinungen hinzunehmen, wie sie auch bei den

1) Die Ursache, weshalb man die andern hellen und dunklen Ringe nicht wahrnimmt, dürfte zum grofsen Theil in der Ausdehnung der Lichtquelle zu suchen seyn, wodurch ein Ueberdecken der weniger weit von einander entfernten innern Ringe bedingt wird. Auch die innerhalb der deutlichen Sehweite auftretenden Erscheinungen beweisen diefs.

folgenden Versuchen sich herausstellen; wir werden später hierauf zurückkommen.

Das nach aufsen abgelenkte Licht wird, wie die obigen Zahlen zeigen, bald so schwach, dafs man es nicht mehr wahrzunehmen vermag; bei 6 Minuten betrug die Intensität nur noch 0,0247. Man kann dieses Licht schon deshalb nicht wahrnehmen, weil, wie in dem Aufsatze Pogg. Ann. Bd. XCVI, S. 235 gezeigt, jedes helle Bild von einem durch Beugung erzeugten Hofe umgeben ist. Schon diese Abhandlung zeigte, dafs wir aufser der Beugung am Rande der Pupille eine weitere Beugung des Lichtes durch ein Netz oder dergl. annehmen müssen. Ob die diesen Hof und die das maschenartige Ansehen, welches ein aufserhalb der deutlichen Sehweite befindlicher leuchtender Punkt zeigt, bedingende Ursache dieselbe ist, müssen wir dahin gestellt seyn lassen, jedenfalls brauchen wir zur Erklärung der beim kurzsichtigen Auge eintretenden Erscheinungen kein so enges Netz vorauszusetzen, wie wegen des Hofes nöthig war. Der Annahme, dafs die durch die Pupille nach aufsen verursachte Beugung diesen Hof veranlasse, indem wir meist eine gröfsere Anzahl leuchtender Punkte haben, deren abgelenktes Licht beim Ueberdecken auch eine gröfsere Intensität bedingen kann, widerspricht das im Hofe zweimal auftretende Roth, die Intensitätsverhältnisse etc.

6. Ist der leuchtende Punkt dem Auge, also der Brennpunkt (oder mit Berücksichtigung der sphärischen Abweichung, die Brennstrecke) der Netzhaut näher, so wird man für der Mitte des Netzhautbildchens näher gelegene Punkte den Einfluſs der am Rande der Pupille vorbeigehenden Wellen nicht mehr vernachlässigen können, da pt Fig. 10 Taf. III einen nur unbedeutenden Winkel mit pa einschliefst; auch ist es sehr wahrscheinlich, dafs vermöge der Gestalt der Linse mit der Nähe des leuchtenden Punktes die sphärische Abweichung abnimmt, wenn sie vielleicht auch nicht ganz gleich Null wird. Der Einfachheit halber wollen wir im Folgenden annehmen, die Welle sey nach *einem* Punkte ichtet.

Sey pp_1 Fig. 11 Taf. II eine kreisförmige Oeffnung, pHp_1 eine nach C gerichtete Welle; die Intensität in D wird sich ganz ähnlich ableiten lassen, wie sie von Fresnel für kreisförmige Oeffnungen bestimmt ist. Denken wir uns die Welle pHp_1 in unendlich kleine Ringe zerlegt, so dafs die von zwei auf einander folgenden Ringen nach D gesendeten Strahlen um $\frac{1}{2}$ Wellenlänge verschieden sind, so werden die Flächenräume dieser Ringe gleich seyn (denn auch hier wächst die Differenz der Wege proportional mit dem Quadrate des Abstandes von H), ist also pD nicht zugeneigt, so dafs wir die Intensität zwischen pD und pC als gleich annehmen können, so werden je zwei auf einanderfolgende Ringe sich zerstören. Ist demnach die Anzahl der Ringe eine gerade, so wird man Dunkelheit, ist die Anzahl der Ringe eine ungerade, Helligkeit erhalten.

Genauer geht man (wie Fresnel ausführlich gezeigt hat), wenn man annimmt, dafs sich nicht zwei aufeinanderfolgende Streifen, sondern stets nur die halben Streifen zerstören. Die Hälfte des mittelsten Kreises kommt dann auf die Hälfte des äufsersten Ringes; ist die Intensität der Strahlen pC und pD gleich, so wird dadurch eine Aenderung natürlich nicht bedingt, ist jedoch pD ziemlich geneigt gegen pC, so wird, bei vorausgesetzter gerader Anzahl Ringe (den mittelsten kleinen Kreis als Ring mitgezählt,) der halbe äufsere Ring die Wirkung des halben inneren Kreises nicht zu zerstören und bei ungerader Anzahl nicht zu verdoppeln vermögen; je weiter wir uns also von C entfernen, um so mehr werden die hellen und dunklen Stellen an Intensität gleich werden.

In der Nähe des Punktes C, sowohl innerhalb als auch aufserhalb desselben, wird es also eintreten können, dafs die Mitte des Netzhautbildchens dunkel ist, und diefs tritt wirklich ein, wie die folgenden Versuche beweisen.

Soll Dunkelheit eintreten, so mufs $Ip = \lambda, 2\lambda, 3\lambda$ etc. seyn; es ist aber wie oben bereits abgeleitet

$$Jp = \frac{z^2(b-a)}{2ab}$$

folgen
hierau
D
Zahle
wahr
nur
nicht
Bd.
Beu
lung
Pup
ode
das
lich
din
sey
kur
ges
De
urs
ein
gel
ten
auf

pun
ch

$$\ldots = \frac{z^2 . d}{2(b-d)b},$$

$$\ldots = \pi\lambda \frac{2b^2}{z^2 + 2b\lambda}$$

... von Tageslicht erhell
... Entfernung mit sehr
... eine $\frac{8}{16}$ Zoll im Durchm
... innen rothe, aufsen bla
... essers ein. Dieser Rin
... ensiv. In der Mitte de
... nkt [1]), umgeben von ei
... Raum zwischen diesem
... ist ziemlich dunkel und
... Linien unterbrochen, a
... werden. Noch deutlic
... und der äufsere Rand (wen
... statt des Stecknadelkop
... reflectiren läfst, oder auc
... gleichzeitig Licht reflectire
... dunkel, zu beiden Seiten
... gränzt; nach einem dunklen
... oder Seite ein zweiter schmal
... hell, und sodann der nach i
... aufsen blaue breitere äufser
... Bändchen werden durch di
... des leuchtenden Punktes verurs
... Netzhautbildchens beträgt (den
... im Auge von der Netzhaut
... die Breite des äufseren Rin
... des Brennpunktes ergiebt sich
... angenommen) aus der Prop

Auge 14 Zoll entfernt ist.
... den durch die in Pogg. Ann
... radialen Strahlen bedingt, au

$$3{,}4 : 0{,}18 = 21 - x : x.$$

$$x = \frac{0{,}18 \cdot 21}{3{,}4 + 0{,}18} = 1^{mm}.$$

Die für $d = 1$ sich ergebende erste Franse betrug 0,0342, also fast genau der obige Werth. Nicht so gut stimmt der für die Dunkelheit berechnete Abstand des Brennpunktes. Für rothes Licht müfste nach obiger Formel Dunkelheit eintreten bei

$$d = \frac{\lambda \cdot 2b^2}{x^2 + 2b\lambda} = \frac{0{,}000638 \cdot 2 \cdot \overline{21}^2}{\overline{1{,}7}^2 + 2 \cdot 21 \cdot 0{,}000638} = 0{,}2^{mm}\ ^1),$$

während wir ungefähr 1^{mm} erhalten haben. Die Ursache hiervon ist die unrichtige Annahme, dafs die Welle nach einem Punkte C gerichtet sey; vermöge der sphärischen Abweichung werden die mittelsten Strahlen sich in einem der Netzhaut näher liegenden Punkte vereinigen, und es ist nicht unwahrscheinlich, dafs dieser vielleicht nicht mehr als $1{,}2^{mm}$ abweicht.

In 18 Zoll Entfernung von dem leuchtenden Punkte ist der mittelste Punkt des Netzhautbildchens wieder hell, bei gröfserer Entfernung wird derselbe wieder dunkel, in noch gröfserer Entfernung ist die Bestimmung zu unsicher.

Die durch Reflexion an der Nadel erzeugte Lichtlinie giebt in 18 Zoll Entfernung ein Bild mit einer ziemlich hellen Mittellinie, auf welche nach beiden Seiten ein ziemlich grofser dunkler Raum folgt; hierauf kommt wieder eine schmale Lichtlinie und in geringer Entfernung davon nach aufsen wiederum der breitere, innen rothe, aufsen blaue Streifen. Ueber 18 Zoll wird die Mitte wieder dunkel, bei 24 Zoll zeigt sich wieder eine feine Lichtlinie in der Mitte etc.

7. Wie bereits mehrfach erwähnt, treten aufser den durch die Pupille bedingten Beugungserscheinungen noch andere ein. Ein 16 bis 18 Zoll entfernter, durch reflectirtes Licht erzeugter leuchtender Punkt zeigt dem kurzsich-

1) Da die andern Farben nicht gleichzeitig mit Roth gleich Null werden, so kann bei weifsem Lichte auch verschiedene Färbung der Mitte, je nach dem Abstande des leuchtenden Punktes eintreten, wovon ich jedoch nichts wahrgenommen habe.

tigen Auge noch helle radiale Linien; in 24 Zoll und mehr Entfernung erscheint der mittlere Theil des vergröfserten Bildes als eine mit hellen und dunkeln Punkten besäete Scheibe, indem die radialen Linien an einzelnen Stellen schwächer werden, oder auch ganz verschwinden; man unterscheidet wohl die Richtung der Strahlen noch, aber man sieht sie nicht mehr als zusammenhängende, ziemlich gleichbreite Lichtlinien. In gröfserer Entfernung werden die hellen Punkte schmäler, und man bekommt mehr den Eindruck eines aus hellen Linien gebildeten Netzes. Die Entfernung, in welcher dieser Wechsel eintritt, hängt von der Gröfse der Lichtquelle ab; eine gröfsere Lichtquelle erscheint noch als eine mit hellen und dunkeln Punkten besäete Scheibe, während ein kleiner leuchtender Punkt in derselben Entfernung bereits als ein helles Maschennetz sich darstellt. So zeigt z. B. eine gröfsere Lichtquelle in etwa 11 Fufs Entfernung selbst dem kurzsichtigen Auge noch deutlich die radialen Strahlen ziemlich zusammenhängend.

Stellt man einen Schirm mit ganz kleiner Oeffnung vor die Glocke der Studirlampe und entfernt das kurzsichtige Auge allmählich über die deutliche Sehweite, so entwickeln sich, wie in der Abhandlung Pogg. Annal. Bd. XCVII, S. 233 bereits gezeigt, im Bilde bald kleine radiale Strahlen, (in etwa 6 Zoll Entfernung), zunächst oben dann auch an der Seite, bis sich in 10 bis 12 Zoll Entfernung die in Fig. 11 des genannten Aufsatzes [1]) dargestellte Strahlenfigur herausstellt. Durch die sich aufsen gabelnden radialen Strahlen wird ein Rand gebildet, zwischen welchen noch der von der Iris gebildete Kranz schwach zum Vorschein kommt. Die Gabeln zeigen nach aufsen blau, nach innen roth; an den radialen Strahlen sind Farben nicht zu unterscheiden.

Die Ursache dieser radialen Lichtlinien ist wahrscheinlich ebenfalls Beugung, nämlich die durch feine, undurchsichtige (oder auch nur das Licht anders brechende) Linien

1) Die dunklen Linien der Figur stellen die Lichtlinien dar.

rzeugte Beugung, welche Fresnel ebenfalls bereits be-
rachtet hat.

Unterbricht man die von einem leuchtenden Punkte *A*
ig. 12 Taf. II ausgehenden Wellen durch einen schmalen
unklen Körper *L*, so werden äufsere und innere Fransen
rzeugt. Ist der Körper breit, oder *A* dem Schirme nahe,
› sind die innern Fransen meist weniger intensiv, als die
ufsern; ist jedoch der Körper sehr schmal und *A* weit ent-
rnt, so wird eine sehr helle Mittellinie erzeugt, während
ch die äufsern Fransen durch das von beiden Seiten kom-
ende Licht eine Aenderung erleiden.

Ist der Vereinigungspunkt der Netzhaut nahe, so wird
n feiner opaker, oder das Licht anders brechender, also
blenkender Körper *l* (Fig. 13 Taf. II) einen nur sehr
leinen und dunklen Schatten verursachen; die von der
litte *u* dieses Raumes nach den Rändern des Körpers *l*
ezogenen Strahlen werden nur ganz wenig von den an
iesen Rändern vorbeigehenden, nach *a* gerichteten Strah-
en abweichen, und so mufs der dunkle Körper eine helle
ichtlinie erzeugen. Es wird sich die innere Lichtlinie so-
ort an die ersten äufseren Fransen anschliefsen, und so
ine breitere Lichtlinie bilden. Ist der Vereinigungspunkt *a*
weiter von der Netzhaut entfernt, so wird der geometrische
Schatten von *l* gröfser, die Mitte wird daher weniger hell
is dunkel erscheinen, und nur die äufsern Fransen deut-
lich hervortreten. Bei noch gröfserer Breite werden sich
uch innerhalb des geometrischen Schattens wieder mehrere
weniger helle Lichtlinien entwickeln können, doch tritt
dieser Fall beim Auge wahrscheinlich nicht ein, da der
Vereinigungspunkt sich nicht so weit von der Netzhaut
entfernt, und die die Beugung verursachenden Linien äu-
fserst schmal sind. Die nach aufsen gerichteten Säume der
hellen Fransen müssen in beiden Fällen roth erscheinen.

Bei gröfserer Entfernung des leuchtenden Punktes mufs
lso eine Theilung der Lichtlinien eintreten, dieſs ist aber
irklich der Fall; in ungefähr 36 Zoll Entfernung erschei-
en alle Strahlen in der Mitte durch einen dunklen Streif
etrennt. Beim *Nähern rücken* diese hellen Linien zusam-

men, bis sie in einen hellen Strahl zusammenfallen. Hiermit in Uebereinstimmung zeigte eine etwas gröfsere Lichtquelle in etwa 9 bis 11 Fufs Entfernung eine von dem aufsen blauen, innen rothen Kranze umschlossene Scheibe, in welcher die radialen Strahlen deutlich hervortraten, aber verbreitert und gespalten. In den Räumen zwischen den Strahlen traten noch einige (2 bis 3) kleinere Linien in verschiedenen Richtungen auf.

8. Bei wenig intensitiver kleiner Lichtquelle sieht man fast nichts als die radialen Strahlen mit ihren Zacken, die Zwischenräume zwischen den radialen Strahlen sind dunkel, und auch der Kranz ist *nicht* geschlossen, sondern nur durch die sich gabelnden Strahlen angedeutet. Bei gröfserer oder hellerer Lichtquelle stehen die durch die Gabeln verursachten Bogen etwas weiter in die Fläche herein und zwischen den Zacken dieser Bogen kann man matter den durch die Beugung an der Iris erzeugten Kranz wahrnehmen, so dafs die Scheibe vollkommen geschlossen erscheint und nur an einzelnen Stellen von den Zacken überragt wird.

Die Ursache der Gabeln und Zacken müssen wir ähnlich wie die der Strahlen in dunkeln (oder das Licht ablenkenden) Linien suchen, wir müssen annehmen, dafs die die radialen Strahlen verursachenden Linien sich oben gabeln. Zwischen Gabelung und Iris geht wahrscheinlich kein Licht durch, weshalb auch die Gabelung in dem Netzhautbildchen aufsen blau zeigt (möglich, dafs auch der Mangel an Achromatismus des Auges zu dieser Färbung beiträgt, s. 12). Ich vermag wenigstens zwischen den Zacken derselben Gabelung kein Licht wahrzunehmen; bei andern Beobachtern kann es anders seyn. Da wo die Zacken der Gabelung durch den Rand gehen, wird dieser eine gröfsere Helligkeit zeigen müssen; es wird durch die radiale Zacke und den Rand der Iris gleichsam eine Ecke gebildet; wie Fresnel aber bereits für kleine runde Oeffnungen gezeigt hat, kann durch diese Licht von einer viermal gröfseren Intensität erzeugt werden, als wenn der Schirm nicht vorhanden wäre.

Bei wenig hellem und namentlich in gröfserer Entfernung befindlichem Lichte sieht man, wie bereits erwähnt, nur die radialen Strahlen mit ihren Gabeln und Zacken. Wahrscheinlich ist hier das an dem Rande der Pupille hinstehende Licht zu schwach, um empfunden zu werden, da durch die sphärische Abweichung das Licht um so schwächer wird, je weiter man sich vom Mittelpunkte entfernt. Die weiter hereinragenden, die radialer Strahlen und Gabeln verursachenden Linien werden bereits von intensiverem Lichte getroffen und erzeugen somit fühlbare Linien. Hierzu kann ferner beitragen, dafs beim Betrachten eines hellen Lichtes die Pupille erweitert ist, und hierdurch eine gröfsere Entfernung des Pupillenrandes von den dunklen a. a. Linien bedingt wird.

Auch in dem dem kurzsichtigen Auge bei gröfserer Entfernung des leuchtenden Punktes sich darstellenden Netze dichter Linien kann man die Richtung der radialen Strahlen noch wahrnehmen, theils durch eine etwas gröfsere Helligkeit dieser Theile (eine fortlaufende grade Linie ist nicht wahrzunehmen), theils durch hellere Stellen in dem die innere Scheibe umschliefsenden Rande, welche sich da bilden, wo die Zacken der Gabeln in den Kranz treten. Jeder Strahl mit Gabelung und Zacken scheint in eine Anzahl Flecken aufgelöst.

Es fragt sich jetzt, ob sich auch das in gröfserer Entfernung sichtbare Netz vollkommen aus den betrachteten Beugungserscheinungen ableiten läfst, und was die Ursache ist, dafs sich in geringer Entfernung die Erscheinung anders darstellt?

Nehmen wir an, dafs man bei gröfserer Entfernung nicht nur den ersten, sondern auch die folgenden Ringe der am Rande der Pupille erzeugten Beugungserscheinung wahrnehmen vermag, dafs ferner auch die radialen Linien nicht nur eine, sondern eine ganze Reihe theils äufsere, theils innere Fransen erzeugen (dafs ein Trennen der Strahlen bei gröfserer Entfernung eintritt, ist bereits oben durch die Theorie und die Beobachtung gezeigt), so wird aller-

dings durch diese beiden Wirkungen ein netzartiges Ansehen bedingt werden müssen; auch bemerkt man wirklich in dem Netze eine mehr radiale Anordnung und ein Engerstehen der Lichtlinien (Kleinerwerden der Maschen) nach der Mitte zu, wie es durch obige Annahme bedingt werden mufs. Nur sollte man eine gröfsere Regelmäfsigkeit und eine schnellere Abnahme der Ausdehnung der Maschen in radialer Richtung erwarten. Die Regelmäfsigkeit kann namentlich an den Rändern durch die Gabelung der Lichtlinien etwas vermindert seyn, zumal auch diese Gabeln und Zacken sich in mehrere Linien trennen müssen, ebenso wie die hellen Radien. — Ob noch andere Ursachen zur Entstehung dieses maschenartigen Ansehens mitwirken, läfst sich schwer entscheiden, jedoch ist es sehr wahrscheinlich, da schon der in Pogg. Ann. Bd. XCVI, S. 335 näher beschriebene Hof eine Beugung durch enge Oeffnungen voraussetzt. Auch sprechen einige innerhalb der deutlichen Sehweite erhaltene Erscheinungen dafür, dafs noch eine weitere Beugung oder Lichtablenkung vorhanden ist. (s. d.)

Die Ursache, weshalb in gröfserer Nähe die Erscheinung nicht in gleicher Weise sich darstellt, hängt eng mit der sphärischen Abweichung und den Aenderungen zusammen, welche dieselbe mit dem Nähern des leuchtenden Punktes erleidet. — Aus beiden Ursachen folgt, dafs in gröfserer Entfernung des leuchtenden Punktes die Scheibe weit mehr gleichmäfsig erleuchtet ist, als bei gröfserer Nähe, bei welcher wahrscheinlich nur wenige ziemlich am Rande eintretende Strahlen abgelenkt werden. Auch ist zu berücksichtigen, dafs wenn sich die Lichtquelle dem Auge näher befindet, sie nicht mehr als *ein* leuchtender Punkt betrachtet werden kann, vielmehr die durch die einzelnen Punkte verursachten Linien zum Theil aufeinander fallen. Hiermit ist in Uebereinstimmung, dafs eine gröfsere Lichtquelle in gröfserer Entfernung noch dieselben Erscheinungen darbietet, als eine kleine Lichtquelle in geringer Entfernung, wie oben bereits angegeben.

9. Aehnliche Erscheinungen, wie wir sie für das ziem-

lich kurzsichtige Auge beim Beobachten eines kleinen leuchtenden Punktes in etwa 12 bis 14 Zoll Entfernung beschrieben haben, stellen sich dem guten Auge (oder dem kurzsichtigen durch die Brille) auch in gröfserer Entfernung dar, wie bereits in Pogg. Ann. Bd. XCVII, S. 233 näher beschrieben.

Die Erklärung dieser Erscheinungen bleibt dieselbe, welche wir oben gaben. Die mittelsten Strahlen vereinigen sich noch auf der Netzhaut, die vom Centralstrahl mehr abweichenden Strahlen werden jedoch abgelenkt und erzeugen beim Vorübergange an dem Rande der Pupille und an den dunklen Linien Beugungslinien. Auch die Erklärung für die Gabelung bleibt dieselbe. Möglicherweise liefse sich die gröfsere Breite und Intensität der radialen Strahlen an der Peripherie der lichten Scheibe auch ohne Annahme einer Gabelung der dunklen Linien erklären, wenn man berücksichtigt, dafs da, wo die dunklen Linien unter dem Rande der Pupille vorbeigehen, eine Ecke gebildet und dadurch eine gröfsere Intensität im Kranze erzeugt wird; doch stimmt hiermit nicht die Spaltung der Zacken und Gabelung bei gröfserer Entfernung des leuchtenden Punktes überein. Die Annahme, dafs die Gabelung durch vorragende Theile der Iris verursacht werde, würde auch die Uebereinstimmung der radialen Strahlen und der Gabelung gänzlich unerklärt lassen. — Dafs wir bei geringer Intensität des Lichtes nur die radialen Strahlen und Gabelung, aber nicht den durch den Rand der Pupille verursachten Beugungsring wahrnehmen, liegt ebenfalls, wie schon oben angegeben, in der geringen Intensität der äufseren Lichtstrahlen, da ja selbst bei gewöhnlichen Linsen die sphärische Abweichung mit der dritten Potenz des Oeffnungshalbmessers zunimmt, bei dem Bau der Linse im Auge wahrscheinlich in einer noch höhern Potenz.

Mit dieser Erklärung stimmen auch die in Pogg. Ann. Bd. XCVII, S. 233 beschriebenen besondern Fälle, wonach einige Beobachter neben dem einen radialen Hauptstrahl noch einen zweiten schmälern sehen, sehr gut überein.

Ob diese dunklen Linien Spalten der Linse, oder Reste von den durch den Glaskörper hindurchgehenden, in der Nähe der Linse sich verzweigenden Adern sind, wollen wir nicht weiter untersuchen, da es mehr in das Gebiet der Physiologie gehört; auf die grofse Aehnlichkeit der Aderfigur ist bereits in der frühern Abhandlung aufmerksam gemacht [1]).

10. Aehnliche Betrachtungen, wie unter 1 bis 7 über die durch einen *aufserhalb* der deutlichen Sehweite befindlichen, leuchtenden Punkt im Auge erzeugten Beugungserscheinungen angegeben wurden, lassen sich auch für einen innerhalb der deutlichen Sehweite befindlichen leuchtenden Punkt anstellen. Bezeichne A Fig. 9 einen innerhalb der deutlichen Sehweite befindlichen leuchtenden Punkt, a den Vereinigungspunkt; sehen wir jetzt von der sphärischen Abweichung ab, so werden die von A ausgehenden Wellen im Auge nach a convergiren und beim Vorübergange an dem Rande der Pupille zu Beugungserscheinungen Anlafs geben. Ist rs nicht ganz klein, so werden für r und s nur die an einer Kante eintretenden Beugungserscheinungen zu berücksichtigen seyn; ist rs ziemlich grofs, so wird selbst für die Mitte der Einfluſs des Randes der Pupille verschwinden; ist rs jedoch weniger ausgedehnt, so wird für die Mitte die ganze kreisförmige Oeffnung von Einfluſs seyn.

Sey C Fig. 15 der Mittelpunkt der am Schirme S vorbeigehenden Wellen; es soll die Intensität in D bestimmt werden. Die Differenz der Wege ist:

$$AF = \frac{AJ^2}{2JD} - \frac{AJ^2}{2JC} = \frac{x^2}{2b} - \frac{x^2}{2a} = \frac{x^2}{2} \cdot \frac{a-b}{ab}.$$

1) Dafs diese radialen Linien die mit *einem* Auge wahrnehmbaren Doppelbilder verursachen, ist bereits von Prof. Fechner (Pogg. Ann. Bd. 50, S. 200) und Dr. Fliedner (Pogg. Ann. Bd. 85, S. 321) angegeben; genauer genommen sind es nicht die radialen Strahlen, sondern äufsere Zacken der Strahlen, welche diese Doppelbilder veranlassen, wie bei den oben beschriebenen Versuchen mit der von einer reflectirten Lichtlinie angegeben.

Auf ähnliche Weise wie in 3. folgt:

$$z = n\sqrt{\frac{ab\lambda}{2(a-b)}},$$

worin λ die Wellenlänge und n für die Maxima und Minima durch Integralrechnung bestimmte Zahlwerthe bezeichnet.

Der Abstand x der betreffenden Franse von der Gränze des geometrischen Schattens folgt denn aus der Proportion:

$$z : x = a : a - b$$

$$x = z\frac{a-b}{a}$$

$$= n\sqrt{\frac{b(a-b)\lambda}{2a}}.$$

Für n gelten die bereits in 3) aufgeführten Zahlwerthe. Es ist also der Abstand des ersten Minimum

$$x = 1{,}873\sqrt{\frac{b(a-b)\lambda}{2a}}.$$

Bezeichnen wir die Entfernung des Vereinigungspunktes von der Netzhaut durch d, so ist $a = b + d$, und somit

$$x = n\sqrt{\frac{bd\lambda}{2(b+d)}}.$$

Für die Breite der ersten Franse ergiebt sich demnach im rothen Lichte von der Wellenlänge $\lambda = 0{,}000638$ und für $b = 21^{mm}$

$$x = 1{,}873\sqrt{\frac{21 \cdot d \cdot 0{,}000638}{2(21+d)}}$$

$$= 1{,}873 \cdot 0{,}0818\sqrt{\frac{d}{21+d}} = 0{,}1532\sqrt{\frac{d}{21+d}}$$

d. i. für $d = \frac{1}{2}$:

$$x = 0{,}1532\sqrt{\tfrac{1}{43}} = 0{,}532 \cdot 0{,}15 = 0{,}02298$$

und der entsprechende Winkel

$$\alpha = 5{,}3 \text{ Min.}$$

Für $d = 1^{mm}$:

$$x = 0{,}1532 \cdot 0{,}213 = 0{,}0326. \quad \alpha = 7 \text{ Min.}$$

Für $d = 2^{mm}$:

$$x = 0{,}1532 \cdot 0{,}2948 = 0{,}04516. \quad \alpha = 10 \text{ Min.}$$

Für $d = 3^{mm}$:

$x = 0{,}1532 \,.\, 0{,}353 = 0{,}05408.$ $\alpha = 12$ Min.

Für $d = 10^{mm}$:

$x = 0{,}1532 \,.\, 0{,}57 = 0{,}087324.$ $\alpha = 20$ Min.

Für $d = 50^{mm}$:

$x = 0{,}1532 \,.\, 0{,}84 = 0{,}1287.$ $\alpha = 30$ Min.

Für $d = \infty$:

$x = 0{,}1532.$ $\alpha = 35$ Min.

Befindet sich der leuchtende Punkt innerhalb des vorderen Brennpunktes, so werden die Strahlen im Auge *divergiren*, es tritt also unmittelbar der von Fresnel behandelte Fall ein, und läfst sich somit sofort die Formel benutzen:

$$x = 1{,}873 \sqrt{\frac{(a+b)b\,\lambda}{2a}}$$

d. i. bei $\lambda = 0{,}000638$ und $b = 21$

$$x = 1{,}873 \sqrt{\frac{(a+21)21 \,.\, 0{,}000638}{2 \,.\, a}}$$

$$= 1{,}873 \,.\, 0{,}0818 \sqrt{\frac{a+21}{a}}$$

$$= 0{,}1532 \sqrt{\frac{a+21}{a}}.$$

Für $a = 50^{mm}$:

$x = 0{,}1532 \,.\, 1{,}2 = 0{,}18384.$ $\alpha = 42$ Min.

Für $a = 25^{mm}$:

$x = 0{,}1532 \,.\, 1{,}36 = 0{,}20835.$ $\alpha = 55$ Min.

Für $a = 10^{mm}$:

$x = 0{,}1532 \,.\, 1{,}76 = 0{,}269632.$ $\alpha = 1^{\circ}\ 1'.$

Für $a = 5^{mm}$:

$x = 0{,}1532 \,.\, 2{,}28 = 0{,}349296.$ $\alpha = 1^{\circ}\ 20'.$

Für violettes Licht folgt auf gleiche Weise:

$$x = 1{,}873 \sqrt{\frac{21 \,.\, d \,.\, 0{,}0003963}{2\,(21+d)}}$$

$$= 1{,}873 \,.\, 0{,}0645 \sqrt{\frac{d}{21+d}}$$

$$= 0{,}1218 \sqrt{\frac{d}{21+d}}.$$

Für $d = \frac{1}{2}^{mm}$:

$$x = 0{,}1218 \,.\, 0{,}15 = 0{,}01827. \quad \alpha = 4{,}6 \text{ Min.}$$

etc. etc.

Ohne Berücksichtigung der sphärischen Abweichung, welche innerhalb der deutlichen Sehweite ebenfalls stattfindet (Pogg. Ann. Bd. 96, S. 607), müfsten die hier eintretenden Erscheinungen ganz ähnlich denen seyn, welche stattfinden, wenn der leuchtende Punkt aufserhalb der deutlichen Sehweite liegt. Es müfste sich, abgesehen vom Einflufs der im Auge vorhandenen dunklen o. a. Körper, eine vom Rande herein mit dunklen Kreisen unterbrochene helle Scheibe herausstellen, *nach aufsen* müfsten die einzelnen Streifen, namentlich der breiteste erste *blau*, nach innen *roth* zeigen. In der That ist es aber nicht so, indem durch die sphärische Abweichung die Erscheinung umgekehrt wird. Die äufsersten, am Rande vorbeigehenden Strahlen werden etwas in die helle Scheibe hinein abgelenkt, der äufsere Rand wird durch weiter hereinliegende Strahlen *wr* und *vs* Fig. 16 gebildet. Für die zwischen p_1 und *w* einfallenden Strahlen ist gleichsam *m* die Gränze des geometrischen Schattens und somit mufs nach der in 3. angegebenen Ableitung in *m* Blau, in *r* Roth überwiegen; es fällt also hier Roth nach aufsen. Aendert sich die sphärische Abweichung nicht bedeutend, so wird beim Nähern des leuchtenden Punktes das Rändchen fast unverändert bleiben. Weiter nach innen können noch mehrere dunkle Ringe auftreten. Wird die Entfernung der Durchschnittspunkte von der Netzhaut sehr grofs, so mufs der Rand mehr nach aufsen rücken. Befindet sich der leuchtende Punkt innerhalb des vordern Brennpunktes, so divergiren die Strahlen im Auge; die am Rande der Pupille vorbeigehenden Strahlen fallen wieder nach aufsen, man mufs also wieder ein blaues Rändchen aufsen erhalten; zwischen beiden Stellungen wird allerdings eine Stelle sich befinden, bei welcher gar keine Färbung wahrzunehmen ist. Die sphärische Abweichung wird, wenn sich der leuchtende Punkt innerhalb des vorderen Brennpunktes des Au-

ges befindet, blofs eine etwas veränderte Lage der dunkeln Linien bedingen.

11. Vergleichen wir nun, inwiefern obige Betrachtung durch die Erfahrung gerechtfertigt wird: Ein kleiner, durch reflectirtes Tageslicht gebildeter heller Punkt erscheint deutlich in etwa 6 bis $3\frac{1}{2}$ Zoll Entfernung vom Auge. Bei $3\frac{1}{4}$ Zoll erscheint er, wie Pogg. Ann. Bd. XCVII, S. 233 Fig. 15 und 16 zeigen; die Mitte ist fast ganz dunkel, der Rand licht und aufsen deutlich roth. Bei weiterem Nähern bis $1\frac{1}{2}$ Zoll, wird mit der Vergröfserung der ganzen Scheibe auch der äufsere Rand breiter, die strahlenförmige Gestalt verliert sich, das helle Bild wird erst polygonal, dann rund und die Mitte bleibt nicht dunkel, sondern bedeckt sich mit hellen und dunklen Punkten und Linien; dabei wird die Helligkeit zu schwach, um weitere genaue Angaben zu machen.

Sticht man in eine Tafel Pappe eine *kleine* Oeffnung und sieht durch dieselbe gegen den blauen Himmel, so tritt bereits bei $4\frac{1}{2}$ bis 4 Zoll der oben beschriebene Stern mit dunkler Mitte ein; wahrscheinlich weil sich das Auge mehr auf die Ferne accommodirt [1]). Beim allmählichen Nähern wird die Oeffnung mehr polygonal, behält jedoch ihren hellen nach aufsen rothen Rand, und in der Mitte treten kleine helle Punkte und Linien auf. In etwa 3 Zoll Entfernung vom Auge sieht man etwas mehr zusammenhängend drei helle Linien, eine nach unten, zwei schräg nach oben gerichtet, mit daneben hinlaufenden dunklen Linien, welche den Spalten der vorderen Linsenfläche zu entsprechen scheinen; bei etwa 2 Zoll treten diese Linien nicht mehr deutlich hervor, dagegen bemerkt man aufser dem die helle Scheibe umschliefsenden Rande noch deutlich das mehr nach innen gerückte Polygon (s. Fig. 17 Pogg. Ann. Bd. XCVII, S. 233). Etwas näher kann man nur noch helle und dunkle

1) Dafs selbst mein kurzsichtiges Auge Accomodationsfähigkeit besitzt, kann ich auch deutlich dadurch wahrnehmen, dafs in gewisser Stellung derselbe leuchtende Punkt mir deutlich oder als Stern erscheinen kann, je nachdem ich das Auge richte.

Punkte unterscheiden. In *unmittelbarer Nähe* des Auges erscheint die helle Scheibe wieder als ein von einer grofsen Menge dunkler Punkte unterbrochenes Netz heller Linien. Der Umfang ist rund, jedoch deutlich noch ein helleres Rändchen wahrzunehmen, aufsen röthlich, doch die Farbe nur schwer noch zu unterscheiden. — Es gehen eine grofse Anzahl *kleiner* Strahlen nach aufsen, welche wahrscheinlich durch die nicht gleichförmig dichte, mehr radiale Structur der Iris verursacht werden [1]).

Ein durch *directes* Sonnenlicht verursachter kleiner heller Punkt (das an einem kleinen Ritz in der Brille reflectirte Licht, oder das von einem innerhalb der deutlichen Sehweite gehaltenen Haar reflectirte directe Sonnenlicht) erzeugt bei einer Entfernung von $\frac{3}{4}$ Zoll und mehr vom Auge eine Scheibe, an deren Rande man deutlich aufser dem nach aufsen schwach gelben ersten breiten Ringe noch 3 bis 4 nach innen enger stehende dunkle Ringe wahrnehmen kann, die Mitte ist matt und zeigt eine grofse Anzahl dunkler Flecken, an denen Farben nicht zu unterscheiden sind; eine regelmäfsige Anordnung ist bei denselben nicht zu erkennen.

Stellt man eine feine Oeffnung vor die Glocke der Studirlampe, so zeigt sich die Oeffnung deutlich bei $5\frac{3}{4}$ bis $4\frac{3}{4}$ Zoll Entfernung; bringt man das Auge wenig näher, so entwickelt sich der bereits oben beschriebene Stern Fig. 15 und 16, Pogg. Ann. Bd. XCVII, S. 233 mit aufsen intensiv rother Färbung. Beim Nähern wird die Oeffnung polygonal, die Zacken werden länger, und zeigen aufsen intensiv rothe, innen blaue Färbung. Bei etwa 2 Zoll Entfernung zeigt sich, wie auch in dem früheren Aufsatze Pogg. Ann. Bd. XCVII, S. 233 bereits beschrieben, die Scheibe rund, mit einem aufsen rothen Rändchen umschlossen; die

1) Auch hier gilt übrigens dasselbe, was in Bezug auf die Gröfse des leuchtenden Punktes aufser der deutlichen Sehweite angeführt wurde: Je gröfser die Oeffnung ist, desto näher mufs man kommen, ehe die hellen und dunklen Punkte durch Schmälerwerden der Lichtlinien ein mehr netzartiges Ansehen darbieten.

Zacken sind länger geworden und scheinen innen durch schmale Bogen verbunden; die ganze Scheibe ist mit kleinen Lichtpünktchen besäet. Bei gröfserer Nähe wird die ganze Erscheinung undeutlich; bei etwa 1 Zoll Entfernung vom Auge kann man deutlich nur noch die ziemlich langen Zacken wahrnehmen, welche jetzt durch dunkle Linien gespalten sich darstellen. Noch näher kann man nur noch ein Netz von hellen und dunklen Punkten wahrnehmen.

Eine helle Linie (durch eine Stecknadel reflectirtes Tageslicht) erscheint innerhalb der deutlichen Sehweite rechts und links mit zwei Bändchen versehen, welche sich innen schwach blau, dann deutlich gelb und aufsen roth zeigen; in der Mitte ist eine dunkle Linie; bei gröfserer Nähe wird dieselbe durch eine helle, rechts und links von dunklen Räumen begränzte Linie ersetzt. Bei noch gröfserer Nähe (2 Zoll etwa) kann man deutlich drei feine Lichtlinien innen unterscheiden, welche durch dunklere Zwischenräume getrennt sind [1]). In noch gröfserer Nähe stellen sich eine ziemlich bedeutende Anzahl heller und dunkler Streifen heraus. In der Nähe von 1 Zoll wird das äufsere gelbrothe Bändchen immer mehr gelb und blässer, und bei noch gröfserer Nähe läfst sich gar kein gefärbtes Bändchen mehr unterscheiden. Dafs es bei noch gröfserer Nähe des leuchtenden Punktes aufsen wieder blau auftritt, wie es der obigen Erklärung zufolge seyn mufs, geht aus den in Pogg. Ann. 1855 Heft 12 beschriebenen Erscheinungen hervor, welche durch das an den Wassertheilchen des oberen oder unteren Augenlieds reflectirte Licht hervorgebracht werden. Der äufserste breiteste Streif zeigt noch aufsen deutlich blau.

Der äufsere Rand und die durch einen kleinen, directes Sonnenlicht reflectirenden Punkt verursachten dunklen Ringe lassen sich sofort aus der Beugung ableiten, ebenso die Anfangs dunkle Mitte [2]); nicht so die anderen hellen

1) Diese hellen Linien entstehen durch Aneinanderreihen und Ueberdecken der im Bilde eines leuchtenden Punktes bemerkbaren Zacken.

2) Die intensiven Farben, welche Abends wahrgenommen werden, wenn

ınd dunklen Linien, und müssen wir zur Erklärung der-
elben, ebenso wie zur vollständigen Erklärung der aufser-
ıalb der deutlichen Sehweite stattfindenden Erscheinungen
ıoch dunkle oder durch das Licht ablenkende Linien im
Auge annehmen, durch welche weitere Beugungslinien ver-
ırsacht werden. Dafs es Beugungslinien sind, scheint aus
lem Umstande zu folgen, dafs sie sich bei gröfserer Nähe
les leuchtenden Punktes, also bei gröfserer Entfernung des
Vereinigungspunktes spalten. Ob die Ursache dieser Linien
lieselbe sey, die auch die Aenderung bedingt, wenn der
euchtende Punkt aufser der deutlichen Sehweite liegt, las-
ıen wir dahin gestellt seyn. Möglich ist es, da, wie wir
ıben bereits gezeigt haben, durch die sphärische Abwei-
chung die am Rande der Pupille einfallenden Lichtstrahlen
ıtwas mehr nach der Mitte des Bildes kommen, während
lie etwas mehr nach innen einfallenden Lichtstrahlen die
ıufsere Gränze des Bildes bilden, also am Rande der in-
ıerhalb der deutlichen Sehweite auftretenden hellen Scheibe,
gerade umgekehrt, wie bei dem aufserhalb der deutlichen
Sehweite eintretenden Bilde, die mehr nach innen liegen-
len radialen Strahlen nach aufsen kommen, während die
ıach aufsen liegenden Bogen jetzt weiter in die helle Scheibe
eintreten.

Die Ursache, weshalb man bei kleinen durch Sonnen-
licht erzeugten Punkten *mehrere* nach innen enger werdende
Ringe unterscheiden kann, während bei den anderen Ver-
suchen nur der äufserste Ring deutlich wahrgenommen wird,
mag zum Theil in der Kleinheit des leuchtenden Punktes,
zum Theil in der gröfseren Intensität des Lichtes zu suchen

der leuchtende Punkt wenig näher als deutliche Sehweite kommt, vor-
zugsweise an den kleinen Zacken, welche vom Polygon ausgehen, wäh-
rend die Mitte noch dunkel ist, lassen sich auch Berücksichtigung der
sphärischen Abweichung, die hier wahrscheinlich noch ziemlich unbe-
deutend ist, erklären, wenn man berücksichtigt, dafs bei der Kleinheit
des Bildes hier noch die ganze Oeffnung von Einfluſs ist, und wenn man
annimmt, dafs Dunkelheit da wahrgenommen wird, wo Violett in Ma-
ximum ist, welches im gelben Licht fast ganz fehlt. Auf Violett mufs
Blau und dann Roth folgen.

seyn, indem weniger durchsichtige Theilchen bei intensivem Lichte mehr Licht durchlassen.

Bei der durch reflectirtes Sonnenlicht erzeugten hellen Scheibe (s. oben) ist die durch den Rand der Pupille bedingte Beugung auf den mittleren Theil der Scheibe ohne Einfluſs, da man sämmtliche Ringe am Rande deutlich entwickelt sieht. Zur Erklärung der den mittleren Theil bedeckenden dunklen Punkte und hellen Stellen reicht daher die bloſse Berücksichtigung der Beugung am Rande der Pupille und der durch die radialen Linien bedingten Beugung nicht hin, wie es bei dem durch einen auſserhalb der deutlichen Sehweite befindlichen leuchtenden Punkt erzeugten Liniennetze eher der Fall war; wir müssen daher noch eine weitere Beugung oder Lichtablenkung durch dunkle oder anders brechende Körper annehmen, vielleicht hängt dieselbe mit dem das Licht umgebenden Hofe zusammen.

12. Wenn wir in dem Bisherigen gezeigt haben, daſs die in dem Netzhautbildchen eines auſserhalb oder innerhalb der deutlichen Sehweite befindlichen leuchtenden Punktes auftretenden farbigen Ringe der Beugung zuzuschreiben sind, so soll damit nicht gesagt seyn, daſs das Auge vollkommen achromatisch sey; vielmehr werden diese Erscheinungen durch den Mangel an Achromatismus (auf welcher wir in einer späteren Abhandlung zurückkommen wollen) wesentlich unterstützt; durch den Mangel an Achromatismus *allein* würden sich jedoch diese farbigen Ringe keineswegs erklären lassen.

IV. *Ueber die successiven Entladungen zweier sphärischen Conductoren während der Annäherung; von Beer in Bonn.*

Rieſs macht in dem ersten Bande seiner Elektricitätslehre §. 228 folgende Bemerkung: »Ich habe schlieſslich auf einen

Punkt aufmerksam zu machen, über welchen Poisson sich nicht deutlich ausgesprochen hat. Der elektrische Funke tritt nämlich, wie gesagt, bei einer gewissen Entfernung zweier elektrisirten Kugeln ein, welche Elektricität nicht in dem Verhältnisse besitzen, das die Berührung der Kugeln fordert. Aber mit dem Funken wird dieſs Verhältniſs nicht hergestellt, wie man leicht glauben könnte. Zwischen zwei elektrisirten Kugeln, die in einer gewissen Entfernung Gelegenheit zu einem Funken geben, tritt bei geringerer Entfernung ein zweiter, später ein dritter Funke auf. Es ist kein Grund vorhanden, den Fortgang dieser Erscheinung bei irgend einer Entfernung abzuschneiden; streng genommen werden zwei Kugeln, die Elektricität in dem der Berührung zukommenden Verhältnisse besitzen, dieſs Verhältniſs erst bei der Berührung und nicht früher zeigen können.«

Der Grund des berührten Phänomens und die Richtigkeit der von Rieſs gemachten Bemerkung wird aus folgender Auseinandersetzung erhellen.

Es seyen R_1 und R_2 die beiden Kugeln, S ihre Centrallinie und Q_1, Q_2 die Quantitäten ihrer Ladungen. Alsdann hat man, wenn in beiden Kugeln das Potential 1 herrscht, folgende Beziehungen.

$$Q_1 = \Sigma_1 - \Sigma, \qquad Q_2 = \Sigma_2 - \Sigma,$$

wo zu setzen ist:

$$\Sigma_1 = R_1 \left[1 + \frac{P}{U_2^2} + \frac{P^2}{U_2^4 - R_1^2 S^2} + \ldots\right]$$

$$\Sigma_2 = R_2 \left[1 + \frac{P}{U_1^2} + \frac{P^2}{U_1^4 - R_2^2 S^2} + \ldots\right]$$

$$\Sigma = \frac{P}{S} \left[1 + \frac{P}{D} + \frac{P^2}{D^2 - P^2} + \ldots\right]$$

$$U_1^2 = S^2 - R_1^2, \qquad U_2^2 = S^2 - R_2^2,$$

$$P = R_1 R_2,$$

$$D = S^2 - R_1^2 - R_2^2.$$

Die Differentiation des Verhältnisses $\frac{Q_2}{Q_1}$ nach der Gröfse S liefert den Ausdruck:

$$(R_1 - R_2)\frac{F}{Q_1^2},$$

wo F eine Reihe positiver Glieder darstellt, die in Bezug auf R_1 und R_2 symmetrisch gebaut sind.

Nehmen wir an, es sey $R_1 < R_2$, so nimmt also das Verhältnifs $\frac{Q_2}{Q_1}$ der Ladungen gleicher Spannung ab, wenn die Kugeln von einander entfernt werden. Den gröfsten Werth hat das Verhältnifs bei der Berührung, und die Gränze, der es sich nähert, während die Entfernung der Kugeln ins Unendliche wächst, ist das Verhältnifs $\frac{R_2}{R_1}$ der beiden Radien. Es folgt hieraus, dafs bei zwei Kugeln, die durch einen dünnen Draht leitend verbunden sind, von der gröfseren Kugel zur kleineren Elektricität überströmt, wenn die Kugeln von einander entfernt werden, während bei einer Annäherung Elektricität von der kleineren Kugel zur gröfseren überströmt.

Bei verschiedenen Entfernungen zweier Kugeln, deren Radien sich wie 1:3 verhalten, ergeben sich zum Beispiele folgende Werthe für das besprochene Verhältnifs.

$S : R_1$	4	4,5	5	6	8	10	∞
$Q_2 : Q_1$	7,2	6,3	5,6	4,8	4,2	3,9	3

Wir wollen jetzt das obige Ergebnifs auf zwei positiv geladene Kugeln anwenden, die, nachdem ihre Spannungen, ihre Potentiale sich bei einer gewissen Entfernung S durch einen Funken ausgeglichen haben, einander genähert werden. Nach Verminderung der Centrallinie stellen die ursprünglichen Ladungen Q_1, Q_2 in beiden Kugeln nicht mehr dasselbe Potential her; man kann vielmehr dem Früheren zufolge bei der Annahme, dafs $R_1 < R_2$ ist, die Ladung Q_1 in zwei Theile $Q'_1, + Q$ und die Ladung Q_2 in zwei Theile Q'_2, $- Q$ zerlegen, so dafs die Ladungen Q'_1, Q'_2 in beiden Kugeln dasselbe positive Potential, die Ladungen $+ Q$, $- Q$ aber in der ersten Kugel ein positives, in der zweiten ein negatives Potential erzeugen. Wäre der Isolator, welcher die Kugeln umgiebt, ein vollkommener, so würde bekanntlich bei einer Annäherung der Kugeln diejenigen Punkten, die einander am nächsten lie-

gen, die Dichtigkeit der Ladungen $+Q$, $-Q$ ins Unendliche wachsen, während ebendaselbst die Dichtigkeit der Ladungen Q'_1, Q'_2 sich der Null als Gränze nähert. Da aber die Isolation eine Gränze hat, so mufs nothwendig, wenn die Kugeln sich bis auf eine gewisse Distanz S' genähert haben, durch Ueberspringen eines Funkens eine Ausgleichung der Spannung eintreten; die Ladungen $+Q$, $-Q$ verschwinden, es bleiben die Ladungen Q'_1, Q'_2, die bei der Entfernung S' in beiden Kugeln gleiches Potential erzeugen.

Man sieht nun leicht ein, wie bei weiterer Annäherung die Dichtigkeit in beiden einander zunächst gelegenen Punkten wieder bis zu dem Maximum steigt, dem das isolirende Mittel eben noch das Gleichgewicht zu halten im Stande ist; es tritt ein dritter Funke auf, dem ein vierter, fünfter u. s. f. folgt. Die Intensität der aufeinander folgenden Funken wird immer schwächer und schwächer, da die absoluten Werthe der Ladungen $+Q$, $-Q$, welche sich durch den Funken vernichten, immer kleiner und kleiner werden, um schliefslich bei der Berührung zu verschwinden.

V. *Ueber das borsaure Aethyloxyd; von Heinr. Rose.*

Der flüchtige Boraether, $3\,\dot{A}e + \ddot{B}$, ist von Ebelmen und Bouquet entdeckt, und auf die Weise bereitet worden, dafs man Borchloridgas durch wasserfreien Alkohol leitet [1]). Es bilden sich zwei Schichten, von denen die obere der erzeugte Aether ist.

Mit geringeren Schwierigkeiten stellt man diesen Aether dar, wenn man schwefelweinsaures Kali mit einem Ueberschufs von wasserfreiem Borax destillirt. Gleiche Atomge-

1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3. *Reihe Bd.* 17, *S.* 54.

wichte von beiden Salzen, innig gemengt, wurden bei einer Temperatur von 100° bis 120° C. der Destillation unterworfen. Es destillirte eine farblose, leicht flüssige Flüssigkeit über, von einem stark ätherischen Geruch, welche alle die Eigenschaften besafs, welche die Entdecker vom flüchtigen Boraethyl angegeben haben. Er verbrennt an der Luft mit einer schönen grünen Flamme, ohne einen Rückstand zu hinterlassen. Mit wenig Wasser versetzt, scheidet sich aus ihm Borsäure aus, die durch mehr Wasser sich wieder vollständig auflöst. Bei der Zersetzung mit Wasser entwickelte sich übrigens ein schwacher stechender Geruch, der vielleicht durch etwas schweflichtsaures Aethyloxyd erzeugt war, das sich durch Zersetzung des schwefelweinsauren Salzes gebildet haben konnte.

Der rohe, nicht gereinigte Aether gab bei der Analyse etwas mehr Borsäure als er der Berechnung nach hätte geben müssen, nämlich 25,44 Proc. Nach der Berechnung sind 24 Proc. darin enthalten. Ebelmen und Bouquet haben nur 22,38 und 22,42 Proc. daraus abgeschieden, weil die von ihnen angewandte Methode der Bestimmung der Borsäure keine richtige Resultate geben konnte. Sie zersetzten nämlich den Aether durch Ammoniak, dampften die Lösung zur Trocknifs ab und glühten den trocknen Rückstand. Hierdurch mufste Borsäure verflüchtigt werden. — Die Bestimmung der Borsäure im Aether geschah auf die Weise, dafs eine gewogene Menge desselben, 0,967 Grm., in einem verschlossenen Gefäfs mit einer grofsen Menge von Wasser mehrere Tage hindurch in Berührung gebracht, und das Ganze dann mit einer gewogenen Quantität von kohlensaurem Natron, 2,180 Grm. zersetzt und bis zur Trocknifs abgedampft wurde. Die trockne Masse wurde schwach geglüht und gewogen. Sie wog 2,260 Grm. In derselben wurde die Kohlensäure nach bekannten Methoden bestimmt. Sie betrug 0,736 Grm.; Borsäure im Aether daher 0,246 Grm.

Wenn man bei der Bereitung des Boräthers nicht was- Materialien anwendet, so erhält man bei der De-

stillation zuerst Wasser und Alkohol, und endlich Boräether, der aber etwas Wasser enthält, und daher mit der Zeit Borsäure absetzt.

Auf die Weise, wie der flüchtige Boräther, kann ein flüchtiges kieselsaures Aethyloxyd nicht dargestellt werden. Ich wandte dazu eine sehr concentrirte stark syrupsdicke Lösung von kieselsaurem Natron an. Aber bei keiner Periode der Destillation wurde ein Destillat erhalten, aus welchem Kieselsäure dargestellt werden konnte.

Der Grund dieser Erscheinung ist wohl der, dafs wenn das kieselsaure Alkali sein Wasser verliert, es bei sehr dunkler Rothgluht gröfstentheils im Wasser unlöslich wird. Das Wasser zieht aus dem geglühten Salze Alkali aus, das durch Erhitzen des Salzes ausgeschieden worden ist. Die alkalische Lösung enthält nur wenig Kieselsäure; der gröfste Theil des Salzes mit Ueberschufs an Kieselsäure bleibt aber ungelöst. — Setzt man aber das entwässerte kieselsaure Natron einer höheren Temperatur, einer stärkeren Rothgluht aus, so schmilzt die wasserfreie Verbindung zu einer klaren durchsichtigen Masse, die sich vollständig und mit Leichtigkeit in Wasser auflöst. In diesem Zustand wurde das Salz aber nicht angewandt.

Ebenso wenig konnten vermittelst des schwefelweinsauren Kalis mit wasserfreien kohlensauren, und phosphorsauren Alkalien Verbindungen des Aethyloxyds mit Kohlensäure und Phosphorsäure erhalten werden.

Wurde zweifach chromsaures Kali mit einem gleichen Atomgewicht von schwefelweinsaurem Kali der Destillation unterworfen, so wurde sehr bald die Chromsäure in Chromoxyd verwandelt, welches die Masse grün färbte. Der überdestillirte Alkohol enthielt keine Spur von Chromsäure, färbte sich aber mit Kalihydrat erhitzt, gelb, wie eine Lösung von chromsaurem Kali. Das Destillat enthielt Aldehyd, und es bildete sich durch Kali gelbbraunes Aldehydharz.

Etwas Aehnliches fand auch bei der Destillation des schwefelweinsauren Kalis mit molybdänsauren Kali statt.

Das Destillat enthielt keine Molybdänsäure, wohl aber Aldehyd, und färbte sich durchs Erhitzen mit Kalihydrat braungelb. — Die Molybdänsäure wurde zu Molybdänoxyd reducirt, welches bei der Behandlung mit Wasser ungelöst zurückbleibt, während aber auch noch unzersetztes molybdänsaures Kali sich darin auflöst.

Ich habe mir viele aber vergebliche Mühe gegeben, um eine Verbindung von Thonerde mit Aethyloxyd hervorzubringen. Ein reines Aluminat von Natron, das aus einer Mengung gleicher Atomgewichte von Thonerde und von kohlensaurem Natron vermittelst einer starken Rothgluht erzeugt worden war, das keine Kohlensäure enthielt, und sich vollständig im Wasser löste, mit der sechsfachen Menge von schwefelweinsaurem Kali (3 Atomgewichte desselben gegen 1 Atomgewicht des Aluminats) gemengt, gab bei der Destillation keine Flüssigkeit, welche Thonerde enthielt, sondern nur die Destillations-Producte des schwefelweinsauren Kalis, schweflichte Säure und Weinöl.

Ebenso wenig konnte ich die Verbindung von Thonerde und Aethyloxyd erhalten, als ich Chloraluminium in wasserfreiem Alkohol löste, und die filtrirte Lösung einer Destillation unterwarf. Das Chloraluminium erwärmte sich bei seiner Auflösung sehr stark, fast bis zum Kochpunkte des Wassers. Es destillirte bei 85° C. von der Lösung Alkohol ab, der Chlorwasserstoffsäure enthielt, die durch Silberoxydsalz als Chlorsilber abgeschieden werden konnte; dann fing die Masse an zu schäumen und aufzublähen, und hinterliefs basisches Chloraluminium.

Ich habe diese Versuche besonders deshalb hier angeführt, um darauf aufmerksam zu machen, dafs die Oxyde, welche zwar in vielen Fällen als Säuren gegen starke Basen auftreten können, gegen starke Säuren hingegen entschieden als Basen sich verhalten, sich mit Aethyloxyd nicht zu verbinden scheinen, während sonst Säuren der schwächsten Art mit demselben Verbindungen eingehen.

Man mufs überhaupt bei den Säuren zwei Arten derselben bestimmt unterscheiden. Eine grofse Menge dersel-

ben, auch wenn sie zu den schwächsten gehören, scheinen nie als Base aufzutreten. Zu diesen gehört namentlich die grofse Reihe von organischen Säuren, und auch die Oxyde der nicht metallischen Elemente, das des Wasserstoffs, das Wasser, ausgenommen. Aber obgleich die drei Säuren, die Kohlensäure, die Borsäure und die Kieselsäure zu den schwächsten Säuren gehören, wenn sie auf nassem Wege wirken, und wie ich durch zahlreiche Beispiele erörtert habe, durch Wasser aus ihren Verbindungen ausgetrieben werden können, so ist mir kein Beispiel bekannt, dafs sie als Basen gegen starke Säuren auftreten. In mehreren Verbindungen der Borsäure mit Weinsteinsäure und mit weinsteinsauren Salzen wird zwar erstere von sehr vielen Chemikern als Base betrachtet; aber viele Versuche, in dieser Hinsicht unternommen, haben mich zu der Ansicht gebracht, dafs diese Annahme eine irrthümliche sey, was ich ausführlicher zu erörtern mir vorbehalte.

VI. *Ueber die Krystallform und die Zusammensetzung des Vanadinbleierzes;* von C. Rammelsberg.

Noch immer ist das Vorkommen des Vanadins ein sehr seltenes, und von der Krystallform einer Vanadinverbindung war bis jetzt nichts zuverlässiges bekannt.

Neuerlich beschrieb Canaval [1]) *Vanadinbleierz*, welches auf Kalkstein bei Windischkappel am Berge Obir in den sogenannten Karawanken oder jenem Gebirgszuge vorkommt, welcher Kärnthen von Krain scheidet. Schon vor 15 Jahren fand ich bei einer Besteigung des genannten 6750 Fufs hohen Berges in beträchtlicher Höhe einen Berg-

1) Jahrbuch des naturhistor. Landesmuseums von Kärnthen. 1854. S. 171.

bau auf Bleiglanz im Gange, welcher nesterweise in dem oft dolomitischen Kalke vorkommt.

Canaval beschreibt das Vanadinbleierz als kleine Krystalle, ähnlich denen von Bleiberg; es sind nach ihm sechsseitige Prismen mit der Endfläche, die Kanten durch ein Dihexaëder abgestumpft, seltener durch Hinzutreten eines zweiten gleicher Ordnung ungleich zugeschärft. Gröfsere Krystalle sind meist bräunlich, kleinere hellgelb, immer lebhaft glasglänzend, aber die gröfsten sind kaum 3^{mm} lang und 1^{mm} dick; ihr Pulver ist schwach gelblich weifs. Deutliche Spaltbarkeit zeigen sie nicht.

Durch Prüfung vor dem Löthrohr und auf nassem Wege fanden sich Blei, Vanadinsäure und etwas Chlor.

Hr. Canaval hatte die Güte, mir ein Exemplar dieses Erzes zukommen zu lassen. Die Krystalle eigneten sich zu genauen Messungen, welche ihre Isomorphie mit dem phosphorsauren und arseniksauren Bleioxyd-Chlorblei (Pyromorphit, Mimetesit) und dem phosphorsauren Kalk-Fluor-(Chlor)-calcium (Apatit) nachwiesen. Es war nun auszumitteln, ob das Mineral nur Vanadinsäure und nicht auch Phosphor- oder Arseniksäure enthielte, wie denn überhaupt eine Analyse sehr wünschenswerth erschien. Hr. Canaval hat mir auf meinen Wunsch so viel von dem seltenen Mineral geschickt, als er dazu erlangen konnte, und es ist mir auf diese Art gelungen, von einer gröfseren Masse Kalk so viel der kleinen leicht zerbrechlichen Krystalle abzulösen, als zur Analyse erforderlich war. Diese Quantität betrug freilich kaum 2 Grm. Hierbei fand ich in dem Kalk aufserdem ein wenig Bleiglanz, so wie Gelbbleierz in kleinen Krystallen und derben Massen [1]).

Die Krystalle des Vanadinbleierzes, welche ich untersuchen konnte, sind regelmäfsige sechsseitige Prismen p mit einer sechsflächigen auf die Prismenflächen aufgesetzten Zu-

1) Dafs in dem Gelbbleierz von Bleiberg in Kärnthen geringe Mengen Vanadinsäure enthalten sind, habe ich schon vor längerer Zeit angedeutet. Erstes Suppl. zu meinem Handwörterbuch des chem. Theils der Mineralogie S. 59.

spitzung durch ein Dihexaëder d. Untergeordnet tritt dazu ein schärferes Dihexaëder gleicher Ordnung d^2 als Abstumpfung der Kanten pd, so wie ein Dihexaëder anderer Ordnung d'_2, welches die Endkanten von d^2 abstumpft, und in die Zone zweier abwechselnder Endkanten von d fällt.

Es ist wohl am zweckmäfsigsten, das herrschende Dihexaëder d zur Grundform zu wählen; d^2 ist das zweifach schärfere, und d'_2 das erste stumpfere von diesem.

$d = a:a:\infty a:c$ $\quad d'_2 = a:\frac{1}{2}a:a:c$

$d^2 = a:a:\infty a:2c$ $\quad p = a:a:\infty a:\infty c.$

Bezeichnet an einem Dihexaëder

$2A$ den Endkantenwinkel

$2C$ den Seitenkantenwinkel

α die Neigung der Endkante zur Hauptaxe, so ist:

		Berechnet.	Beobachtet.	
d	$2A$	$= 142^\circ\ 30'$	$142^\circ\ 30'$	
	$2C$	$= 80\ 0$		
	α	$= 53\ 59$		
d^2	$2A$	$= 129\ 8$	129	ungefähr
	$2C$	$= 118\ 24$		
	α	$= 34\ 31$		
d'_2	$2A$	$= 131\ 20$		
	$2C$	$= 110\ 58$		
	α	$= 38\ 26$		
d	$: d$ üb. c	$= 100\ 0$	$100\ 7$	
d	$: p$	$=$	$*130\ 0$	
d	$: p'$ [1])	$= 108\ 45$	$108\ 50$	
d^2	$: p$	$= 149\ 12$	$148\ 45$	
d	$: d^2$	$= 160\ 48$	$160\ 40$	
d^2	$: d'_2$	$= 154\ 34$	$154\ 50$	
d'_2	$: d$	$= 175\ 25$		
d'_2	$: p$	$= 114\ 20.$		

Hieraus folgt das Axenverhältnifs

$$a:c = 1:0{,}72699 = 1{,}3755:1.$$

1) p' = der rechts oder links liegenden Flächen in der Endkantenzone von d.

bau auf Bleiglanz im Gange, welcher nesterweise in dem oft dolomitischen Kalke vorkommt.

Canaval beschreibt das Vanadinbleierz als kleine Krystalle, ähnlich denen von Bleiberg; es sind nach ihm sechsseitige Prismen mit der Endfläche, die Kanten durch ein Dihexaëder abgestumpft, seltener durch Hinzutreten eines zweiten gleicher Ordnung ungleich zugeschärft. Gröfsere Krystalle sind meist bräunlich, kleinere hellgelb, immer lebhaft glasglänzend, aber die gröfsten sind kaum 3^{mm} lang und 1^{mm} dick; ihr Pulver ist schwach gelblich weifs. Deutliche Spaltbarkeit zeigen sie nicht.

Durch Prüfung vor dem Löthrohr und auf nassem Wege fanden sich Blei, Vanadinsäure und etwas Chlor.

Hr. Canaval hatte die Güte, mir ein Exemplar dieses Erzes zukommen zu lassen. Die Krystalle eigneten sich zu genauen Messungen, welche ihre Isomorphie mit dem phosphorsauren und arseniksauren Bleioxyd-Chlorblei (Pyromorphit, Mimetesit) und dem phosphorsauren Kalk-Fluor-(Chlor)-calcium (Apatit) nachwiesen. Es war nun auszumitteln, ob das Mineral nur Vanadinsäure und nicht auch Phosphor- oder Arseniksäure enthielte, wie denn überhaupt eine Analyse sehr wünschenswerth erschien. Hr. Canaval hat mir auf meinen Wunsch so viel von dem seltenen Mineral geschickt, als er dazu erlangen konnte, und es mir auf diese Art gelungen, von einer gröfseren Menge Kalk so viel der kleinen leicht zerbrechlichen Krystalle herauszulösen, als zur Analyse erforderlich war. Die Quantität betrug freilich kaum 2 Grm. Hierbei fand sich im Kalk aufserdem ein [illegible] Bleiglanz, so wie in kleinen Krystallen [illegible] derben Masse.

Die Krystalle d[illegible]dinblei[illegible] suchen konnte, si[illegible]fsi[illegible] einer sechsflächig[illegible]

1) Dafs in den[illegible] Vanadinsäure[illegible] deutet. Er[illegible] Mineralog[illegible]

ung durch ein Dihexaëder d. Untergeordnet tritt dazu schärferes Dihexaëder gleicher Ordnung d^2 als Abpfung der Kanten pd, so wie ein Dihexaëder anderer nung d'_2, welches die Endkanten von d^2 abstumpft, in die Zone zweier abwechselnder Endkanten von d

Es ist wohl am zweckmäfsigsten, das herrschende Dihexler d zur Grundform zu wählen; d^2 ist das zweifach rfere, und d'_2 das erste stumpfere von diesem.

$d = a : a : \infty a : c$ $\quad d'_2 = a : \frac{1}{2}a : a : c$

$d^2 = a : a : \infty a : 2c$ $\quad p = a : a : \infty a : \infty c.$

eichnet an einem Dihexaëder

A den Endkantenwinkel

C den Seitenkantenwinkel

α die Neigung der Endkante zur Hauptaxe, so ist:

		Berechnet.	Beobachtet.
d	$2A =$	142° 30′	142° 30′
	$2C =$	80 0	
	$\alpha =$	53 59	
d^2	$2A =$	129 8	129 ungefähr
	$2C =$	118 24	
	$\alpha =$	34 31	
d'_2	$2A =$	131 20	
	$2C =$	110 58	
	$\alpha =$	38 26	
	d üb. $e =$	100 0	100 7
	$=$		* 130 0
	$=$	108 [illegible]	108 50
	$=$	149 [illegible]	148 45
	$=$	[illegible]	100 40
	$=$		154 50

: I.

in der Endkantenzone

Die Isomorphie des Vanadinbleierzes mit den schon angeführten Mineralien zeigt sich, wenn man den Endkantenwinkel der bei ihnen vorkommenden Dihexaëder vergleicht:

Vanadinbleierz.

142° 30′ R.

Pyromorphit.

Von Mies	= 141°	3′	G. Rose
Von Bleistadt	= 142	15	»
	= 142	12	Miller.

Mimetesit.

Von Johann-Georgenstadt	= 142°	7′	G. Rose.
	= 141	48	Miller.

Apatit.

Von Ehrenfriedersdorf	= 142°	16′	G. Rose.
Vom Gotthardt	= 142	19	»
Von Cabo de Gata	= 142	20	»
Vom Laacher See	= 142	25	»

Man kann also im Durchschnitt annehmen:

Mimetesit	= 142°	7′
Pyromorphit	= 142	15
Apatit	= 142	20
Vanadinbleierz	= 142	30.

Das specifische Gewicht des kärnthnerischen Vanadinbleierzes ist

nach Canaval	= 6,83
nach meinen Wägungen	= 6,886.

Die Analyse wurde in folgender Weise gemacht:

1,694 Grm. des gepulverten Minerals wurden mit Salpetersäure gelinde erwärmt, wobei sie sich leicht auflösten, während eine röthliche Abscheidung von Vanadinsäure erfolgte, die jedoch zuletzt in der Säure wieder verschwand. Die klare gelbe Flüssigkeit gab nach dem Verdünnen auf Zusatz von Silberauflösung einen Niederschlag von Chlorsilber, welcher scharf getrocknet = 0,153 war, entsprechend 0,0378277 Chlor. Nach Abscheidung des Silberüberschusses durch Chlorwasserstoffsäure wurde die Flüssigkeit eingedampft, wobei sie unter Absatz von Chlorblei eine grün-

lich-blaue Farbe annahm. Durch wiederholtes Abdampfen suchte man alle Salpetersäure zu entfernen, fügte Alkohol hinzu, und schied dadurch 1,619 Chlorblei = 1,299215 Bleioxyd ab. Das Filtrat wurde mit Zusatz von Salpetersäure abgeraucht; es blieb ein wie Eisenoxyd aussehender Rückstand, welcher mit reinem Salpeter geschmolzen wurde. Die gelbliche Masse löste sich in Wasser farblos auf; man sättigte die Auflösung mit Salmiak, und liefs sie drei Tage lang mit festen Salmiakstücken in Berührung. Dadurch hatte sich ein weifser Niederschlag von vanadinsaurem Ammoniak gebildet, welcher abfiltrirt und mit Salmiakauflösung gewaschen wurde. Durch Glühen bei Luftzutritt gab er 0,295 dunkelrothe geschmolzene Vanadinsäure.

Aus dem Filtrat vom vanadinsauren Ammoniak schlug eine Talkerdelösung etwas phosphorsaure Ammoniak-Talkerde nieder, die beim Glühen 0,025 pyrophosphorsaure Talkerde = 0,016025 Phosphorsäure gab.

Von der Reinheit der Vanadinsäure suchte ich mich durch ihre Reduction in Wasserstoffgas zu überzeugen. 0,277 hinterliefsen dabei 0,225 schwarzes Vanadinsuboxyd, d. h. 81,23 Proc. desselben, während Berzelius im Mittel 82,71 Proc. erhielt.

Aus dem Vanadinbleierz wurden mithin erhalten:

Chlor	2,23
Bleioxyd	76,70
Vanadinsäure	17,41
Phosphorsäure	0,95.

2,23 Chlor verbinden sich mit 6,52 Blei zu Chlorblei; 6,52 Blei sind aber = 7,02 Bleioxyd, so dafs das Mineral enthalten mufs:

Chlor	2,23
Blei	6,52
Bleioxyd	69,68
Vanadinsäure	17,41
Phosphorsäure	0,95
	96,79.

Der in 3,2 Proc. bestehende Verlust ist als Vanadinsäure in Rechnung zu bringen, da ihre directe Bestimmung

nicht genau ausfallen konnte [1]). Dadurch wird ihre Menge = 20,62 Proc. Nun ist

		Sauerstoff.
Blei	6,52	0,50
Bleioxyd	69,68	4,99
Vanadinsäure	20,62	5,34
Phosphorsäure	0,95	0,53.

Zieht man für das phosphorsaure Bleioxyd $\dot{Pb}^3 \dddot{P} \frac{3}{5}$. 0,53 = 0,32 Sauerstoff von den 4,99 ab, so bleiben 4,67, welche sich zu den 5,34 der Säure = 1 : 1,14 verhalten. Ich glaube, man darf dafür 1 : 1 setzen.

Ferner verhalten sich die Sauerstoffmengen für das Blei und das Oxyd nahe = 1 : 9, wie in den isomorphen Verbindungen, und dieſs (oder 1 : 10) ist auch das Verhältniſs des Sauerstoffes in beiden Säuren.

Das Vanadinbleierz von Windisch-Kappel ist folglich

$$(PbCl + 3\dot{Pb}^3\dddot{P}) + 15\,(PbCl + 3\dot{Pb}^3\dddot{V})$$

			Berechnet.	
$5\frac{1}{3}$	At.	Chlor	= 2364,3	— 2,50
$5\frac{1}{3}$	»	Blei	= 6904,5	— 7,31
48	»	Bleioxyd	= 66940,8	— 70,87
15	»	Vanadinsäure	= 17353,5	— 18,37
1	»	Phosphorsäure	= 892,0	— 0,95
			94455,1	100.

Oder:

Chlor	2,50
Bleioxyd	78,74
Vanadinsäure	18,37
Phosphorsäure	0,95
	100,56.

1) Ich hatte zuerst versucht, den Rückstand von Vanadinoxyd durch Schmelzen mit salpetersaurem Ammoniak sofort in vanadinsaures Ammoniak zu verwandeln, wobei aber in Folge der heftigen Gasentwickelung ein Theil der Substanz mechanisch fortgerissen wurde, und so einen Verlust erzeugte. Es mufste Salpeter hinzugesetzt und das Erhitzen möglichst fortgesetzt werden.

Das Mineral enthält weder Arseniksäure noch Zink oder Kupfer, höchstens eine Spur Kalkerde, die aber wohl nur von mechanisch anhängenden Gesteinstheilchen herrührt.

Ganz dieselbe Verbindung ist das Vanadinbleierz von *Zimapan* in Mexiko, in welchem bekanntlich Del Rio schon vor 55 Jahren 80,7 Bleioxyd und 14,8 von der Säure eines neuen Metalls fand, das er *Erythronium* nannte, später aber auf Veranlassung von Collet Descotils für Chrom erklärte. Wöhler hat das Verdienst, dieses Mineral als eine Vanadinverbindung erkannt, Berzelius aber, es analysirt zu haben.

Letzterer erhielt

Chlor 2,56
Bleioxyd 76,54,

fast ganz dieselben Zahlen, die ich für das kärnthnerische Mineral gefunden habe. Die Vanadinsäure bestimmte er nicht direct; Phosphorsäure fand er nicht, wobei jedoch zu bemerken ist, dafs man damals nicht so empfindliche Reagentien für diese Säure benutzen konnte, wie jetzt, wogegen vor dem Löthrohr etwas Arsenik sich ergeben soll. Berzelius's Analyse berechnet sich zu:

		Sauerstoff.
Chlor	2,56	
Blei	7,48	0,58
Bleioxyd	68,48	4,91
Vanadinsäure	21,48	5,57
	100.	

Die Verbindung $PbCl + 3\dot{P}b^3\ddot{V}$ erfordert:

					Oder:
1 At.	Chlor	= 443,3	— 2,44		2,44
1 »	Blei	= 1294,6	— 7,29	Pb 78,52	
9 »	Bleioxyd	= 12551,4	— 70,67		
3 »	Vanadinsäure	= 3470,7	— 19,60		19,60
		17760,0	100		100,66.

Berzelius hatte geglaubt, ein basisches Chlorblei darin annehmen zu müssen, und demzufolge die Formel

$$(\dot{P}bCl + 2\dot{P}b) + \dot{P}b^2\ddot{V})$$

construirt, welche jedoch nicht 1 sondern 3 At. des Vanadats enthalten müfste, und auch in Betreff der Sättigungsstufe nicht zutrifft, da die Analyse den Sauerstoff von Basis und Säure nicht $= 1 : 1\frac{1}{2}$ sondern $= 1 : 1\frac{1}{2} = 3 : 4$ giebt. Nachdem nun aber die Krystallform bestimmt ist, darf man wohl diese Formel nicht ferner annehmen.

Auch das Vanadinbleierz von Wanlockhead und das angeblich irländische, von Johnston und Thomson untersucht, dürften dieselbe Verbindung seyn, sie sind jedoch sämmtlich nicht deutlich krystallisirt.

Nach dem Angeführten sind also die Salze der Vanadinsäure isomorph mit denen der Phosphorsäure und Arseniksäure, obgleich die Zusammensetzung der Säuren selbst keine analoge ist. Entweder liegt hier wieder ein Fall von Isomorphie bei Körpern vor, welche ungleiche Constitution haben, oder die Vanadinsäure enthält ebenfalls 5 At. Sauerstoff, eine Annahme, zu der man indefs nach dem, was Berzelius für die Sauerstoffmultipeln der Oxyde des Vanadins gefunden hat, durchaus nicht berechtigt ist.

Die Atomvolume der isomorphen Glieder der ganzen Gruppe ergeben sich folgendermafsen:

	Atomgew.	Spec. Gew.	Atomvol.
Vanadinbleierz	17760,0	6,886	2579
Mimetesit	18609,3	7,208 [1])	2582
Pyromorphit	16965,0	7,054 [2])	2405
Apatit *A.* Chlor-A.	6535,3	3,195 [3])	2045
B. Fluor-A.	6327,3		1980.

Diese Atomvolume verhalten sich $= 100 : 100 : 93 : 79 : 77$, sie stimmen also bei den Bleiverbindungen ziemlich überein.

1) M. von Johann-Georgenstadt. G. Rose.
2) P. von Zschopau. G. Rose.
3) Mittel aus sechs Beobachtungen G. Rose's.

VIII *Ueber die Identität des Leucophans und Melinophans; von C. Rammelsberg.*

Esmark fand[1]) im norwegischen Zirkonsyenit ein neues Mineral von *weifser* Farbe, den *Leucophan*, von welchem A. Erdmann nachwies[2]), dafs es eine Verbindung von einem Beryllerde-Kalk-Silicat mit Fluornatrium ist, eine neue und ungewöhnliche Zusammensetzung. Aus dem nämlichen Gestein, freilich von einer anderen Lokalität, stammt ein *gelbes* Mineral, welches anfangs für Wöhlerit gehalten, von Scheerer neuerlich[3]) auf Grund einer Analyse von Richter als *Melinophan* bezeichnet wurde. Scheerer hat die Aehnlichkeit beider Mineralien durch eine Zusammenstellung ihrer Charaktere anschaulich gemacht, wobei nur die Angaben über die Spaltbarkeit nicht stimmen. Er hat zugleich die Vermuthung ausgesprochen, dafs beide analog zusammengesetzt seyn möchten, dafs die Beryllerde des Leucophans durch Thonerde im Melinophan ersetzt, und eine geringere Menge Fluornatrium in letzterem vorhanden wäre.

Durch vergleichende Analysen beider Mineralien bin ich zu der Ueberzeugung gelangt, dafs sie wenigstens, was ihre Zusammensetzung anlangt, identisch sind. Für den Leucophan erhielt ich genau dasselbe Resultat wie A. Erdmann. Vom Melinophan aber hat Richter entweder eine unrichtige Analyse gemacht, oder nicht reines Material benutzt, denn die Mengen der Beryllerde, des Natrons und Fluors sind viel zu niedrig, die des Kalks aber ist zu hoch angegeben.

Es enthält nämlich der

1) Tamnau in diesen Ann. Bd. 48, S. 504.
2) Berzelius Jahresbericht B. 21, S. 168.
3) Journ. f. pract. Chem. Bd. 55, S. 449.

	Leucophan nach A. Erdmann.	Melinophan nach R. Richter.
Kieselsäure	47,82	44,8
Beryllerde	11,51	2,2
Thonerde	—	12,4
Eisenoxyd	—	1,1
Manganoxydul	1,01	1,4
Kalkerde	25,00	31,5
Natron	10,20	3,5
Kali	0,31	—
Fluor	6,17	2,3
	102,02	Talkerde 0,2
	Oxyde von Nb, Zr, Ce, Y	0,3
		99,7.

Ich verdanke beide Mineralien Hrn. Saemann in Paris. Das specifische Gewicht ist:

Leucophan = 2,974 A. Erdmann
= 2,964 Rammelsberg
Melinophan = 3,00 Richter
= 3,018 Rammelsberg.

Eine Analyse wurde mit kohlensaurem Natron gemacht. In dem wässerigen Auszuge der geschmolzenen Masse wurde, nachdem derselbe mit Salmiak längere Zeit digerirt worden, um Kieselsäure und Beryllerde abzuscheiden, das Fluor nach H. Rose[1]) bestimmt. Der Rest wurde dann durch Chlorwasserstoffsäure zerlegt, und Beryllerde und Thonerde durch Kochen mit Salmiak und Ammoniak getrennt, worauf jede der beiden Erden nochmals durch kohlensaures Ammoniak auf ihre Reinheit geprüft wurde.

Eine zweite Analyse wurde mit Fluorwasserstoffsäure gemacht.

Das Mittel dieser Versuche war:

1) Handbuch Bd. 2, S. 552.

	Leucophan.	Melinophan.
Kieselsäure	47,03	43,66
Beryllerde	10,70	11,74
Thonerde	1,03	1,57
Eisen- u. Manganoxyd	Spuren	
Kalkerde	23,37	26,74
Talkerde	0,17	0,11
Natron	11,26	8,55
Kali	0,30	1,40
Fluor	6,57	5,73
Wasser	—	0,30
	100,43	99,80.

Der Sauerstoffgehalt der Oxyde ist:

	Leucophan. 1. Erdmann.		2. R.		Melinophan. 3. R.	
$\dddot{S}i$	24,84		24,42		22,67	
$\dddot{B}e$	7,30	6,78	7,26	7,44	8,17	
$\ddot{A}l$	—	0,48		0,73		
$\dot{M}n$	0,23	—		—		
$\dot{C}a$	7,02	6,64		7,60		
$\dot{M}g$	—	9,91	0,07	9,65	0,04	10,07
$\dot{N}a$	2,61	2,89		2,19		
$\dot{K}$	0,05	0,05		0,24		

Nimmt man an, das Fluor sey mit Natrium verbunden, so sind in

1. 6,17 Fluor = 7,59 Na = 10,21 $\dot{N}a$ = 2,62 O
2. 6,57 » = 8,09 » = 10,88 » = 2,79 »
3. 5,73 » = 7,04 » = 9,47 » = 2,43 »

Offenbar reicht also das Natron (Kali) für das Fluor gerade hin. In dem Doppelsilicat ist nun der Sauerstoff von

	$\dot{Ca}(\dot{Mg}, \dot{Mn})$:	$\ddot{Be}(\ddot{Al})$:	$\ddot{Si}$	
1.	= 7,25 :	7,30 :	24,84 = 3 :	3 : 10,6
2.	= 6,71 :	7,26 :	24,42 = 2,8 :	3 : 10,0
3.	= 7,64 :	8,17 :	22,67 = 2,8 :	3 : 8,3.

Im Silicat des Leucophans ist demnach etwas mehr, in dem des Melinophans etwas weniger Säure gefunden, als dem einfachen Verhältnifs 3 : 3 : 9 = 1 : 1 : 3 entspricht.

Danach ist es eine Verbindung von 1 At. Kalkbisilicat und 1 At. Beryllerdesingulosilicat, und da die Atome von Natrium und Calcium sich in

1. = 1 : 2,8
2. = 1 : 2,5
3. = 1 : 3,0

also ziemlich = 1 : 3 verhalten, so ist 1 At. Fluorür mit 1 At. Doppelsilicat verbunden,

$$NaFl + (\dot{Ca}^3\ddot{Si}^2 + \ddot{Be}\ddot{Si})$$

3 At.	Kieselsäure	— 1733,4	— 45,78	
1 »	Beryllerde	— 473,0	— 12,50	
3 »	Kalkerde	— 1054,8	— 27,85	
1 »	Natrium	— 289,7	— 7,65	= Na 10,29
1 »	Fluor	— 235,4	— 6,22	
		3786,5	100.	

Für den Leucophan hatte schon Awdejew obige Formel vorgeschlagen, die Beryllerde jedoch als ein Monoxyd darin aufgenommen.

Wollte man die Constitution dieser Mineralien sich so vorstellen, dafs das Fluor gleich dem Sauerstoff mit sämmtlichen Radicalen in Verbindung wäre, so ist der Sauerstoff

	von $\dot{R}$:	$\ddot{R}$:	$\ddot{Si}$
in 1	= 4 :	3 :	10,2
» 2	= 4 :	3 :	10
» 3	= 4 :	3,2 :	9

oder nahe = 4 : 3 : 9. Dann wäre das Ganze eine isomorphe Mischung von

$$2\begin{Bmatrix}\dot{Ca}\\ \dot{Na}\end{Bmatrix}^{2}\ddot{\dot{S}}i + \ddot{\dot{B}}e\,\ddot{\dot{S}}i$$

mit einem Doppelfluorür

$$2(2RFl + SiFl^3) + (BeFl^3 + SiFl^3),$$

und zwar in dem Verhältnifs von 4 Atomen des ersteren und 1 Atom des letzteren.

Diese Ansicht von der Constitution der Verbindung würde den Leucophan und Melinophan in eine Kategorie mit den fluorhaltigen Silicaten von Monoxyden (Apophyllit und Chondrodit), von Sesquioxyden (Topas) und von beiden (Glimmer) bringen.

Eine genaue Prüfung der Structurverhältnisse beider wird wahrscheinlich auch in diesem Punkte keine wesentliche Verschiedenheit ergeben. Dann aber wären die Namen Leucophan und Melinophan besser mit einem gemeinsamen zu vertauschen.

VIII. *Ueber den Tachhydrit, ein neues Mineral aus dem Steinsalzlager von Stafsfurth;* von *C. Rammelsberg.*

Das Steinsalzlager bei Stafsfurth verspricht der Fundort neuer und interessanter Mineralien zu werden. Bereits kennt man von dort den *Stafsfurthit* (derben Boracit Karsten's) und den *Carnallit* oder das Kalium-Magnesiumchlorid, $(KCl + 2MgCl) + 12aq$, von Marcet aus der Mutterlauge des Seesalzes, von Liebig aus der Soole von Salzhausen erhalten, und nach meinen Beobachtungen sechsgliedrig krystallisirend [1]).

Ich kann ein neues Doppelsalz von dort hinzufügen, eine Verbindung von *Chlorcalcium und Chlormagnesium,*

1) Handb. der kryst. Chemie S. 204.

deren erste Mittheilung ich Hrn. Berghauptmann v. Dechen verdanke. Es bildet rundliche durchsichtige bis durchscheinende Massen, von gelber Farbe, welche im dichten Anhydrit liegen und mit kleinen scharfen Krystallen desselben verwachsen sind.

Es ist wenigstens nach zwei Richtungen deutlich spaltbar, und zeichnet sich durch seine grofse Zerfliefslichkeit an der Luft aus, worauf sein Name hindeuten soll.

Drei Bestimmungen ergaben:

		1.	2.	3.
	Kalkerde	10,66	10,20	
	Talkerde	15,91	15,76	
	Kali	Spur		
	Chlor			40,34
Oder im	Mittel			
	Calcium	7,46		
	Magnesium	9,51		
	Chlor	40,34		
Also	Wasser	42,69		
		100.		

Die Atome von Calcium, Magnesium und Wasser verhalten sich = 1 : 2 : 12. Der Tachhydrit ist folglich eine Verbindung von 1 At. Chlorkalium, 2 At. Chlormagnesium und 12 At. Wasser,

$$(CaCl + 2MgCl) + 12aq.$$

			Berechnet.	
1 At.	Calcium	—	251,6	— 7,79
2 »	Magnesium	—	300,0	— 9,29
3 »	Chlor	—	1329,9	— 41,16
12 »	Wasser	—	1350,0	— 41,76
			3231,5	100.

Zu Stafsfurth kommen überdiefs weifse feinkörnige Gemenge von schwefelsaurer Talkerde und Chlornatrium vor; schon Karsten bezeichnete ein solches mit 90 Proc. Chlornatrium, und ohne Wasser als *Martinsit.* Eine neuerlich vorgekommene Substanz dieser Art hat bei einer in meinem La-

boratorio veranstalteten Untersuchung gegeben: 2,46 Chlor, 1,69 Natrium, 55,70 Schwefelsäure, 25,84 Talkerde, und 14,93 (15,06) Wasser. Das hier mit 4 Proc. Chlornatrium gemengte Sulfat, welches die Hauptmasse des Ganzen bildet, ist demnach kein gewöhnliches Bittersalz, sondern ein Hydrat mit wenig mehr als 1 At. Wasser,

$$\dot{Mg}\,\ddot{S} + aq,$$

	Gefunden.	Berechnet.
Schwefelsäure	57,7	58,00
Talkerde	26,8	28,96
Wasser	15,5	13,04
	100.	100.

IX. *Ueber das Verhalten des Chloroforms zu anderen Körpern, namentlich zum Ammoniak bei höherer Temperatur; von W. Heintz.*

Obgleich die Reihe von Versuchen, welche ich in dem vorigen Jahre mit Chloroform angestellt habe, zum grofsen Theil negative Resultate ergeben hat, so halte ich es doch für nicht ganz unnütz, sie in dem Folgenden zu beschreiben.

Mit der Absicht, das Formyl (C^2H) darzustellen, versuchte ich durch Natrium das Chlor des Chloroforms zu binden. Es ist bekannt, dafs wenn man Kalium im Chloroformdampf erhitzt, es sich unter Explosion entzündet. Der Versuch war deshalb sehr mifslich. Um mich vor jeder Gefahr bei demselben zu schützen, verfuhr ich wie folgt.

Durch ein am einen Ende in ein Capillarrohr ausgezogenes, starkes, horizontal liegendes Glasrohr wurde trocknes Wasserstoffgas geleitet, das sorgfältig gereinigte Natrium von dem anderen offenen Ende her in dasselbe ein-

geschoben und letzteres mit einem ziemlich festen Baumwollepfropf verschlossen. Darauf wurde das Rohr am anderen Ende zugeschmelzt, wobei Sorge getragen wurde, hier seine Wände möglichst zu verdicken und endlich zwischen dem Natrium und dem Baumwollepfropf in ein langes Capillarrohr ausgezogen, dessen Wände dicht an dem stärkeren Theil des Rohrs ebenfalls stark verdickt wurden. Durch das unter einem spitzen Winkel umgebogene Capillarrohr liefs ich nun nach der bekannten Methode Chloroform eintreten, durch Kochen des Chloroforms wurde der Wasserstoff aus dem Rohre getrieben und letzteres nun zugeschmelzt. Dieses Rohr schob ich in ein durch Kegelverschlufs und mehrfache Verschraubungen hermetisch verschliefsbares Messingrohr und tauchte diefs so verschlossen in ein Metallbad.

Die Temperatur des letzteren steigerte ich allmählich von 120° auf 150° C., 180° C., ja selbst endlich über 200° bis 205° C., ohne dafs eine Einwirkung des Natriums auf das Chloroform selbst nach mehreren Stunden merklich geworden wäre. Die Temperatur noch höher zu steigern, wagte ich nicht, weil ich dann eine Explosion befürchten mufste. Jedenfalls durfte ich nicht hoffen, wenn auch wider Erwarten bei noch höherer Temperatur eine langsame Zersetzung eintreten sollte, das Formyl unzersetzt abzuscheiden.

Um zu versuchen, ob sich nicht, ungeachtet keine Bildung von Chornatrium bemerkt werden konnte, doch etwas Gas gebildet habe, öffnete ich das Rohr unter einer verdünnten Schwefelkaliumlösung, eine damit gefüllte Glasglocke bereit haltend, um das entströmende Gas aufzufangen. Allein es wurde die Flüssigkeit in das Rohr eingesogen, wodurch eine Wasserstoffentwickelung begann, das Natrium sich entzündete und dadurch das Rohr zersprengte. Es folgt hieraus, dafs das Chloroform selbst bei 200° bis 205° C. durch Natrium nicht zersetzt wird.

Wie andere Metalle auf Chloroform bei höherer Temperatur einwirken, darüber behalte ich mir vor in einer späteren Abhandlung zu berichten.

Ein anderer Versuch gab ebenfalls ein negatives Resultat. Ich versuchte nämlich wasserfreie Ameisensäure zu erzeugen durch Einwirkung von ameisensaurem Bleioxyd auf Chloroform. Beide Körper wurden in wasserfreiem Zustande in ein Rohr eingeschmelzt und in dem erwähnten Messingrohr eingeschlossen im Metallbade erhitzt. Als die Temperatur mehrere Stunden auf 130° bis 140° C. erhalten worden war, fand sich, dafs sich keine Spur Chlorblei gebildet, also keine Zersetzung stattgefunden hatte. Nach der Erhitzung auf 165° bis 170° C. fand sich allerdings eine geringe Spur Chlorblei im Rohr, dessen fester Inhalt sich grau gefärbt hatte. Als ich nun ein drittes Rohr 7 Stunden lang auf 175° bis 180° C. erhitzt hatte, hatte sich auch nur eine geringe Menge Chlorblei gebildet, während der Inhalt des Rohrs merklich grau gefärbt war. Beim Oeffnen des Rohrs entwich eine nur geringe Menge Gas.

Da die Chlorbleibildung stets nur äufserst gering war, so vermuthete ich, dafs das gebildete Gas nur durch die Zersetzung des ameisensauren Bleioxyds entstanden seyn möchte. Ich schlofs daher dieses Salz für sich in ein mit Kohlensäure gefülltes Glasrohr ein und erhitzte es mehrere Stunden bei etwa 190° C. Beim Oeffnen des Rohrs drang ein Gas hervor, das zu $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ aus Kohlensäure bestand, und nach der Absorption dieses Gases ein, nach Häringslake riechendes, wie Wasserstoff brennendes Gas zurückliefs. Der feste Rückstand im Rohr gab an kochendes Wasser viel ameisensaures Bleioxyd ab und der graue nicht lösliche Rückstand erhielt durch Reiben im Agatmörser vollkommen metallischen Glanz. Es hatte sich metallisches Blei gebildet.

Um die Natur des gebildeten Gases zu ermitteln, wurde der Versuch wiederholt, wobei dieselben Erscheinungen beobachtet wurden.

Das Gas wurde der eudiometrischen Analyse unterworfen.

Kohlensäurebestimmung.	Cubikcent.	° C.	M. Barometerst.		Reducirt auf trocknes Gas von 0° C. bei 0,760 Bar.st.
Volum d. Gases	105,6 bei	6,6	u. 0,7473	trocken	101,37 CC.
Nach Absorption der Kohlensäure	25,9 »	5,4	» 0,7502	»	25,07 »

Verbrennungsanalyse des kohlensäurefreien Gases.	Cubikcent.	° C.	M. Barometerst.		
Volum d. Gases	18,67 bei	0,6	u. 0,7563	trocken	18,54 »
Vol. d. rückständigen Gases	0,30 »	0,4	» 0,7589	»	0,30 »
Sauerstoff	36,01 »	—0,8	» 0,7547	feucht	35,66 »
Nach d. Verpuffung	28,16 »	+1,7	» 0,7405	»	27,08 »
Nach Absorption der Kohlensäure	27,87 »	2,7	» 0,7373	trocken	26,77 »

Die Verbrennungsanalyse lehrt, dafs das von Kohlensäure befreite Gas fast reines Wasserstoffgas war. Denn zur Verbrennung von 18,24 CC. des wohl von atmosphärischer Luft nicht absolut freien Gases wurden 8,89 CC. Sauerstoff verbraucht, während nur 0,31 Kohlensäure gebildet waren.

Aus diesen Versuchen folgt, dafs das Chloroform bei einer Temperatur, bei der das ameisensaure Bleioxyd noch nicht zersetzt wird, nicht auf dieses einwirkt und dafs durch Erhitzen des ameisensauren Bleioxydes für sich bis etwa 200° C. eine allmähliche Zersetzung desselben in Kohlensäure, Wasserstoff und metallisches Blei eingeleitet wird nach der Formel: $C^2HO^3 + PbO = 2CO^2 + H + Pb$. Hiernach müfste das Volumverhältnifs dieser beiden Gase = 2 : 1 seyn, während es bei der Analyse nahe = 3 : 1 gefunden wurde. Dieser Ueberschufs an Kohlensäure ist leicht dadurch zu erklären, dafs das Versuchsrohr mit jenem Gase gefüllt war, bevor die Erhitzung des ameisensauren Bleioxyds begann.

Ammoniak auf Chloroform einwirkt, so kann,

wenn überhaupt eine Zersetzung beider ohne Zersetzung des Formyls möglich ist, da dieselbe unter vollständiger Ueberführung sämmtlichen Chlors in Chlorammonium geschieht, neben Chlorammonium entweder Formylstickstoff, oder ein Formyltriamid entstehen, gemäfs den Formeln

I. $(C^2H)Cl^3 + 4NH^3 = 3Cl(NH^4) + (C^2H)N$

II. $(C^2H)Cl^3 + 6NH_3 = 3Cl(NH^4) + (C^2H) + 3(NH^2)$.

Erstere Formel ist einfacher und auch schon deshalb wahrscheinlicher, weil der Formylstickstoff sich leicht in Blausäure umsetzen kann, denn $(C^2H)N$ ist $= (C^2N)H$.

Bei gewöhnlicher Temperatur wirken beide Stoffe bekanntlich nicht aufeinander ein. Ich mufste daher versuchen, sie bei höherer Temperatur mit einander in Berührung zu bringen. Diefs hat aber Schwierigkeiten, welche durch die Gasform des Ammoniaks bedingt sind. Entweder konnte ich beide Körper als Gase gemischt durch ein erhitztes Rohr treiben, oder das Ammoniak im Wasser oder Alkohol aufgelöst mit Chloroform in zugeschmelzten Röhren erhitzen. Ich wählte zuerst die erstere Methode, weil ich fürchtete, das Lösungsmittel des Ammoniaks möchte den chemischen Procefs compliciren.

Der Versuch wurde auf folgende Weise angestellt. Aus einer in einem Kölbchen befindlichen Mischung von trocknem Kalk und ebenfalls trocknen gepulverten Chlorammonium wurde langsam Ammoniakgas entwickelt. Das Gas trat zuerst durch ein mit geschmolzenem Kalihydrat gefülltes Rohr, und dann in ein Gläschen, in welchem sich Chloroform befand, so ein, dafs es durch das Chloroform zu strömen genöthigt war. Von hier trat es in ein etwa $\frac{1}{4}$ Zoll weites, zweimal rechtwinklich gebogenes Rohr von dünnem Glase, welches in ein Metallbad aus Rose'schem Metall getaucht war. Die aus diesem abströmenden Gase wurden endlich in eine mit Wasser gefüllte Flasche geleitet, in welcher die Condensation derselben erfolgte.

Da es darauf ankam, stets das Ammoniak überschüssig zu lassen, so erhitzte ich bei allen Versuchen das Chloroform entweder gar nicht oder doch nur sehr schwach,

namentlich niemals bis zum Kochen. Ich fand jedoch, dafs bei den Temperaturen, welche ich mit Leichtigkeit im Metallbad erreichen konnte, keine Zersetzung eintrat. Selbst bei 200° C. übersteigenden Temperaturen sammelte sich das Chloroform unverändert in der Wasser enthaltenden Flasche wieder an, während das Ammoniak vom Wasser absorbirt wurde. Das erhitzte Rohr enthielt nach Beendigung des Versuchs keine Spur Salmiak.

Deshalb wählte ich an Stelle des Metallbades zur Erhitzung der Mischung die gewöhnliche zur organischen Analyse dienende Spiritusverbrennungslampe. Ueber dieser wurde das das Gemisch von Ammoniak und Chloroform führende Rohr aufgehängt, aber nur schwach erhitzt, nämlich nicht bis zu der Temperatur, bei welcher es im Dunkeln theilweise glühend erschienen wäre. Die Temperatur kam aber der des dunklen Rothglühens nahe. Bei dieser Temperatur geschieht eine Zersetzung. Es setzt sich eine feste krystallisirte Substanz, Salmiak, an den Wänden des Rohrs, doch natürlich nur da an, wo es kalt genug ist. Wenn man die Temperatur so weit steigert, dafs die Zersetzung ziemlich vollständig ist, so setzte sich in dem erhitzten Theil des Rohrs eine braune, endlich fast schwarze Substanz (wahrscheinlich Paracyan), freilich nur in geringer Menge an, die eine weitere Zersetzung der gebildeten Producte vermuthen läfst. Bleibt die Temperatur hinreichend niedrig, so bleibt das Rohr vollkommen farblos, aber freilich geht auch eine grofse Menge Chloroform unzersetzt durch das Rohr und sammelt sich in dem Wasser wieder an.

Die Flüssigkeit in der mit Wasser gefüllten Flasche besteht daher nach beendigtem Versuch aus zwei farblosen Schichten, einer oberen, aus einer wässerigen Lösung von Ammoniak bestehenden und einer unteren, dem Chloroform. Dieses besafs in der That alle Eigenschaften des unveränderten reinen Chloroforms. In der wässerigen Lösung vermuthete ich zunächst Cyanammonium. Um dieſs nachzuweisen, neutralisirte ich sie fast ganz mit Chlorwas-

destillirte etwa die Hälfte der Flüssig-
Wasserdämpfen mufste nothwendig das
it übergehen. Als zu einem Theil dieser
kalischen Flüssigkeit etwas Eisenoxydul-
Salzsäure hinzugesetzt wurde, fiel ein
lag zu Boden, der in der That die Bil-
äure bei obigem Procefs nachweist. Amei-
oniak enthielt dieses Destillat natürlich nicht,
tanz Sauerstoff enthält und daher nur aus
tigen Stoffen entstehen kann. In der That
obe der genau neutralisirten Flüssigkeit selbst
cht auf Quecksilberchlorid fällend.
toffe als Chlorammonium und Cyanammonium
n den Zersetzungsproducten nicht finden. Der
rocefs, der hier stattfindet, kann daher in der
die Formel

$$\text{I})\,\text{Cl}^3 + 5\,\text{NH}^3 = 3\,\text{Cl}\,\text{NH}^4 + (\text{C}^2\,\text{N})\,\text{NH}^4$$

t werden.

hon oben erwähnt, kann der Procefs ein an-
en, wenn man, anstatt Chloroform und Ammoniak
feinander wirken zu lassen, letzteres in alkoho-
r wässriger Lösung anwendet. Im letzteren Falle
erwarten, ameisensaures Ammoniak zu erhalten.
l Ammoniak sich schwer mit Chloroform zersetzt,
ahrscheinlich, dafs das Wasser leichter zersetzt
ürde und dann mufs Ameisensäure entstehen nach
l

$$+4\,\text{HO} + 4\,\text{NH}^3 = (\text{C}^2\,\text{H})\,\text{O}^3)\,\text{NH}^4)\,\text{O}\,(+3(\text{Cl}\,\text{NH}^4).$$

ersuch hat diese Vermuthung vollkommen bestä-
in Rohr von starkem Glase wurde nach der von
d [1]) ausführlich beschriebenen Methode Chloro-
wa dem vierfachen Volum einer gesättigten wäss-
oniakflüssigkeit eingeschmelzt.
Schwierigkeiten machte es, die gesättigte Ammo-
eit in das an einem Ende zugeschmelzte Rohr

Chem. u. Pharm. Bd. 71, S. 173.*

durch das am andern Ende befindliche Capillarrohr eintreten zu lassen, weil sich aus derselben bei niederem Druck leicht Ammoniakgas entwickelt. Ich verfuhr zu dem Ende in folgender Weise.

Nachdem ich nach der gewöhnlichen Methode eine kleine Quantität Wasser in das Rohr hatte eintreten lassen, wurde in ein Reagirglas Quecksilber, Chloroform und die concentrirte Ammoniakflüssigkeit gegossen, welche bekanntlich in dieser Reihenfolge über einander stehen bleiben. Darauf wurde durch Kochen des Wassers in dem Rohre alle Luft aus demselben ausgetrieben. Nachdem daraus fast alles Wasser durch Kochen entfernt war, wurde, während demselben noch Dampf entströmte, das offene Ende des Capillarrohrs in das Chloroform getaucht. Nachdem davon beim allmählichen Abkühlen eine genügende Menge in das Rohr eingesogen war, wurde dieses etwas gehoben, so dafs die Oeffnung des Capillarrohrs in die Ammoniakflüssigkeit tauchte. Nach geschehener Aufsaugung einer genügenden Quantität auch dieser Flüssigkeit tauchte ich endlich das Capillarrohr in das Quecksilber ein, und liefs diefs etwas in die Höhe steigen, worauf das Rohr, das vollkommen luftleer war, sofort zugeschmelzt werden konnte.

Dieses Glasrohr schlofs ich in das schon oben erwähnte durch Kegelverschlufs und mehrfache Verschraubungen luftdicht verschliefsbare Messingrohr ein, welches dann in ein Metallbad gelegt wurde, dessen Temperatur allmählich auf 180° C. gesteigert wurde. Die Temperatur von 170° bis 180° C. wurde fünf Stunden erhalten.

Als das Messingrohr geöffnet wurde, fanden sich im Glasrohr weifse Krystalle, die wie Salmiak erschienen. Der Inhalt roch noch nach Ammoniak und enthielt ebenfalls noch unverändertes Chloroform, so dafs also die Zersetzung noch nicht vollendet war. In wenig warmen Wassers gelöst, bildete derselbe eine farblose Flüssigkeit, aus der das Chloroform sich leicht aussonderte. Die wässrige Flüssigkeit wurde vom Chloroform getrennt und zunächst auf einen Gehalt an Cyanammonium untersucht. Allein auf Zusatz zuerst einer

Eisenoxydoxydullösung und dann von Salzsäure wurde eine Probe derselben nicht blau gefällt. Dagegen reducirte sie, nachdem sie äufserst schwach sauer gemacht war, Quecksilberchlorid zuerst zu Quecksilberchlorür, dann in der Kochhitze zu metallischem Quecksilber. Ich schlofs daher auf die Gegenwart der Ameisensäure. Um deren Anwesenheit noch entschiedener darzuthun, destillirte ich von dem Rest der Flüssigkeit, der noch nicht neutralisirt worden war, drei Viertel ab, neutralisirte das Destillat, das nun ameisensaures Ammoniak enthalten mufste, wenn Ameisensäure zugegen war, bis zur äufserst schwach sauren Reaction, nachdem ich eine Probe desselben nochmals mit Eisenoxydoxydullösung und Salzsäure, ohne eine Reaction auf Cyanverbindungen zu erhalten, geprüft hatte, und fügte nun zu einer Probe Quecksilberchorid hinzu. Der Erfolg war derselbe. Zuerst fiel Quecksilberchlorür nieder, das namentlich durch Erhitzen in metallisches Quecksilber verwandelt wurde. Eine andere mit Salpetersäure neutralisirte Probe des Destillats wurde mit salpetersaurem Silberoxyd versetzt und erwärmt, wobei metallisches Silber abgeschieden wurde. Hieraus geht hervor, dafs bei der Einwirkung wässrigen Ammoniaks auf Chloroform bei 170° bis 180° C. in der That ameisensaures Ammoniak entsteht.

Die bei der Destillation in der Retorte rückständige Flüssigkeit enthielt nur Salmiak. Als die Flüssigkeit im Wasserbade verdampft wurde, blieb dieser zurück. Er löste sich in Wasser und Alkohol leicht und selbst in absolutem Alkohol auf, wurde aber durch Aether aus dieser Lösung fast vollständig gefällt. Das gelöst Gebliebene war nur sehr unbedeutend und entwickelte nach Verdunstung des Alkohols und Aethers auf Zusatz von Kalihydrat den reinen Geruch nach Ammoniak.

Complicirter ist die Zersetzung, die das Chloroform unter dem Einflufs von in Alkohol gelöstem Ammoniak erleidet. Die Resultate der meisten von mir damit angestellten Versuche sind zwar übereinstimmend, allein die grade bei dem ersten erhaltenen weichen von allen übrigen we-

sentlich ab. Doch wird man sehen, dafs sie auf einander zurückführbar sind.

Bei dem ersten Versuche wurde ein Rohr, welches wie das zu dem vorigen Versuche dienende vorbereitet war, nur dafs an Stelle der concentrirten wäfsrigen eine concentrirte alkoholische Lösung von Ammoniak eingebracht war, wie so eben beschrieben, fünf Stunden lang bis 170° C. erhitzt. Die Flüssigkeit war bräunlich-gelb, und in derselben hatten sich Krystalle gebildet. Auf Zusatz von Wasser schied sich braun gefärbtes Chloroform ab, während die darüber stehende wässrige Lösung, welche noch reich an Ammoniak war, hellgelb gefärbt erschien. In dieser konnte weder Cyanammonium durch Eisenoxydoxydullösung und Salzsäure noch ameisensanres Ammoniak durch Quecksilberchlorid nachgewiesen werden. Nach Verdunsten dieser Flüssigkeit blieb eine geringe Menge geruchloses Salz zurück, das mit Kalihydrat versetzt, ammoniakalischen Geruch entwikkelte, der aber nicht rein war, sondern an die Alkoholbasen erinnerte.

Beim Verdunsten des braun gefärbten Chloroforms blieb ein äufserst geringer fester Rückstand von brauner Farbe, der sich im Wasser nicht auflöste, wohl aber in Chlorwasserstoffsäure. Die braune Lösung hinterliefs beim Verdunsten in gelinder Wärme einen braunen, nur in Wasser löslichen Rückstand, dessen Lösung durch Kali braun gefällt wurde. Die salzsaure Verbindung löste sich in einer Mischung von absolutem Alkohol und Aether bis auf einen sehr geringen Rückstand von brauner Farbe auf. Eine weitere Untersuchung dieser Substanz war wegen ihrer zu geringen Menge unmöglich.

Da bei diesem ersten Versuche, der genügend war, um die Eigenthümlichkeit der Zersetzung darzuthun, dieselbe noch sehr unvollkommen gewesen war, so ward er in derselben Weise nur mit dem Unterschiede wiederholt, dafs die Temperatur des Metallbades bis auf 175° bis 180° C. gesteigert wurde. Diese Temperatur wurde fünf Stunden erhalten. Nur gegen das Ende erhöhte sie sich bis 185° C.

Das Resultat der Einwirkung war eine braune Flüssigkeit, in der sich Krystalle in grofser Menge befanden. Beim Oeffnen des Rohrs zeigte sich ein eigener unangenehmer alkalischer Geruch, der auch blieb, als die Masse mit Wasser vermischt wurde, wodurch die Krystalle sich lösten, ohne dafs doch eine klare Lösung entstanden wäre, und ohne dafs sich wesentliche Mengen Chloroform abschieden. Durch Neutralisation mit Salzsäure verschwand jedoch jener Geruch. Allein auch dadurch wurde keine vollkommene Auflösung erzielt. Die Flüssigkeit klärte sich zwar, allein grofse, braune, hautähnliche Fetzen blieben unangegriffen, die selbst in ziemlich starker Salzsäure sich nicht lösten, auch in Kalihydratlösung und in Alkohol nicht löslich waren, äufserst schwierig aber endlich doch vollkommen ohne zu schmelzen oder Geruch zu verbreiten, verbrannten und mit einer Mischung von Kali- und Kalkhydrat erhitzt, Ammoniak entwickelten. Nach diesen Versuchen war die Quantität dieses braunen Körpers verbraucht. Er bestand ohne Zweifel aus Paracyan, welches eine vorhergegangene Bildung von Cyanammonium vermuthen läfst.

Die braune Lösung, aus der die oben erwähnte braune Substanz durch Filtration abgeschieden worden war, wurde zunächst auf Cyanammonium und Ameisensäure untersucht. Ersteres war entschieden nicht vorhanden, letztere nachzuweisen gelang ebenfalls nicht. Um aber ihre Abwesenheit mit Bestimmtheit behaupten zu können, unterwarf ich die mit Ammoniak genau neutralisirte Flüssigkeit der Destillation, und versetzte das Destillat mit Quecksilberchloridlösung. Dadurch entstand sogleich ein weifser Niederschlag. Als ich die Flüssigkeit aber nun erhitzte, verminderte sich dieser Niederschlag, statt dafs er sich hätte vermehren und endlich grau färben sollen. Endlich löste er sich auf und beim Erkalten der klaren Lösung schied sich wieder ein in weifsen, feinen, büschelförmig vereinigten Nadeln krystallisirter Körper aus. Die geringe Menge der erhaltenen Substanz erlaubte damit nur wenige Versuche anzustellen. Sie wurde sorgfältig ausgewaschen, in kochendem Wasser

gelöst, wobei dieses einen eigenen brenzlichen Geruch ausstiefs, und das Quecksilber durch Schwefelwasserstoffgas entfernt. Nachdem das überschüssige Schwefelstoffgas an einem warmen Orte verdunstet war, brachte Silberlösung in einer Probe einen weifsen, selbst nicht durch Salpetersäure und Kochhitze verschwindenden Niederschlag hervor. Die Substanz war also chlorhaltig. Beim Verdunsten des Restes der vom Quecksilber befreiten Flüssigkeit blieb ein Rückstand, der in Alkohol gelöst und mit Platinchlorid versetzt, einen gelben Niederschlag gab, der jedoch zu unbedeutend zur weiteren Untersuchung war. Er deutet auf die Gegenwart von Ammoniak oder überhaupt einer flüchtigen Basis hin. Ein Versuch, ähnliche Krystalle dadurch zu erhalten, dafs ich zu einer gröfseren Quantität Wasser eine Spur Ammoniak oder Aethylamin und dann Quecksilberchloridlösung hinzusetzte, die Mischung kochte, wobei sie sich allerdings vollkommen klärte, und erkalten liefs, gelang zwar nicht, denn entweder schied sich ein vollkommen amorpher Körper aus, oder wenn er krystallinisch war, so schien er unter dem Mikroskope aus kleinen würfelförmigen, oder rechtwinklig prismatischen Krystallen zu bestehen. Bei den späteren Versuchen gelang es mir nicht, jene nadelförmigen Krystalle wieder zu erzeugen. Aus den oben angegebenen Versuchen geht aber mit Sicherheit hervor, dafs sie eine dem Quecksilberchloridamidid ähnliche Verbindung waren.

Die Masse, welche bei der oben erwähnten Destillation rückständig blieb, wurde vollkommen zur Trockne gebracht und mit einer Mischung von absolutem Alkohol und Aether übergossen. Hierbei blieb ein bräunlich gefärbtes Salz ungelöst, das nicht ganz klar im Wasser löslich war und mit Kalilösung versetzt, reinen Ammoniakgeruch entwickelte, daher wohl hauptsächlich aus Salmiak und vielleicht etwas Paracyan bestand. Die Lösung in Aether und Alkohol wurde verdunstet, wobei noch Chlorammonium heraus krystallisirte, gleichzeitig aber eine formlose, braune Masse zurückblieb. Der trockene Rückstand wurde nochmals in

einem Gemisch von absolutem Alkohol und Aether gelöst, einer Temperatur von 0° C. lange Zeit ausgesetzt, dann von dem noch ausgeschiedenen Salmiak abfiltrirt und endlich mit Platinchloridlösung gefällt. Der erhaltene, nicht ganz geringe Niederschlag war gelb, amorph. Er wurde filtrirt, mit Aether-Alkohol gewaschen, getrocknet, und der Analyse unterworfen. Seine Menge genügte jedoch nur zu einer einzigen Analyse, auch konnte er nicht von Ammoniumplatinchlorid ganz frei seyn.

0,4447 Grm. desselben wurden in einem im Platinschiffchen befindlichen Glasrohr (um das Verstäuben zu vermeiden) bei 110° bis 120° C. getrocknet und im Sauerstoffstrom mit Hülfe eines Gemischs von Kupferoxyd und wenig Bleioxyd verbrannt. Ich erhielt 0,0649 Grm. Kohlensäure, 0,0859 Grm. Wasser und im Schiffchen blieben 0,1878 Grm. Platin.

Hieraus berechnet sich folgende Zusammensetzung:

Kohlenstoff	3,98
Wasserstoff	2,15
Stickstoff, Chlor	51,64
Platin	42,23
	100.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dafs weder Cyanammonium, noch ameisensaures Ammoniak bei der Einwirkung von in absolutem Alkohol gelöstem Ammoniak auf Chloroform entstanden war, dafs sich dagegen ein brauner stickstoffhaltiger in allen Reagentien unlöslicher Körper (Paracyan?) und eine mit Platinchlorid eine in Aether-Alkohol nicht lösliche Verbindung bildende, kohlenstoffhaltige basische Substanz bildet, jedoch nur in so geringer Menge, dafs ihre Natur nicht näher ausgemittelt werden konnte.

Bei den folgenden Versuchen waren die Resultate der Zersetzung ganz andere, obgleich die Art der Versuche ganz dieselbe blieb, nur dafs die Temperatur einige Male selbst

bis auf 190° C. stieg. Die erhaltene Flüssigkeit war nur gelblich. In derselben befanden sich nicht sehr stark gefärbte Salmiakkrystalle. Obgleich die Einwirkung der hohen Temperatur von 180 bis 190° C. fünf bis sechs Stunden gedauert hatte, so schied sich doch durch Wasser aus der Flüssigkeit Chloroform ab und die wässrige oben aufschwimmende Flüssigkeit enthielt noch viel freies Ammoniak. Wurde diese mit Eisenvitriollösung geschüttelt, bis der Niederschlag schwarz geworden war und dann mit Salzsäure sauer gemacht, so entstand bei drei verschiedenen Versuchen ein grüner oder blauer Niederschlag, zum Beweise, dafs sich Cyanammonium gebildet hatte. Versetzte man dieselbe nach genauer Neutralisation mit Quecksilberchloridlösung, so trübte sie sich in der Kochhitze, es schied sich Quecksilberchlorür ab. Allein die Trübung war nur äufserst gering. Ameisensaures Ammoniumoxyd hatte sich also ebenfalls gebildet.

Um zu versuchen, ob sich auch in diesen Fällen eine kohlehaltige flüchtige Basis gebildet habe, destillirte ich bei zwei Versuchen die erhaltene Flüssigkeit mit Kalkzusatz und fing die überdestillirende ammoniakalische Flüssigkeit in Salzsäure auf. Die erhaltene salzsaure Lösung wurde bei niederer Temperatur zur Trockne gebracht und dann mit absolutem Alkohol, endlich mit Aether vermischt. Nach 24 Stunden wurde filtrirt und das Filtrat mit Platinchloridlösung versetzt. Der mit Aether-Alkohol ausgewaschene, sorgfältig getrocknete Niederschlag wurde, wie oben angegeben, analysirt.

Bei zwei verschiedenen Versuchen gewonnenes Platinsalz führte zu folgenden Zahlen:

I. 0,5122 Grm. desselben lieferten 0,2252 Grm. Platin, 0,0098 Grm. Kohlensäure und 0,0889 Grm. Wasser.

II. 0,3762 Grm. gaben 0,1652 Grm. Platin, 0,0065 Grm. Kohlensäure und 0,0655 Grm. Wasser.

Hieraus folgt folgende Zusammensetzung:

	I.	II.
Kohlenstoff	0,52	0,47
Wasserstoff	1,93	1,94
Stickstoff Chlor	53,58	53,68
Platin	43,97	43,91
	100.	100.

Es hatte sich daher allerdings etwas einer Kohle enthaltenden flüchtigen Basis gebildet, indessen weit weniger als bei dem ersten Versuche, der mit Paracyanbildung begleitet war.

Um endlich zu ermitteln, ob die Anwesenheit des Chloroforms zur Bildung dieser flüchtigen Basis wesentlich sey, erhitzte ich eine Lösung von Ammoniak in absolutem Alkohol in oben angegebener Weise 6 Stunden bis 190° C. Die erhaltene ebenfalls bräunlich-gelbe Flüssigkeit wurde der Destillation unterworfen (wobei fast nichts rückständig blieb) und das Destillat in Salzsäure aufgefangen. Die erhaltene Lösung in Salzsäure wurde abgedampft, der trockne Rückstand mit Aether-Alkohol behandelt und die filtrirte Lösung durch Platinchlorid gefällt. Der gewaschene und getrocknete Niederschlag gab bei der Analyse folgende Zahlen:

0,5443 Grm. lieferten 0,008 Grm. Kohlensäure, 0,096 Grm. Wasser und 0,2391 Grm. Platin.

Hieraus folgt folgende Zusammensetzung:

Kohlenstoff	0,40
Wasserstoff	1,96
Stickstoff Chlor	53,71
Platin	43,93
	100.

Man sieht hieraus, dafs bei Abwesenheit von Chloroform dieselbe Menge einer kohlehaltigen Basis entstanden war, wie bei Gegenwart desselben, so dafs man annehmen darf, dafs jene Basis allein durch die Einwirkung des Alkohols auf Ammoniak gebildet worden sey. Offenbar mufs

man dann annehmen, dafs sich bei diesen Processen Aethylamin gebildet habe.

Das zuerst analysirte Salz würde als eine Mischung von etwa 2 Atomen Aethylammoniumplatinchlorid mit 3 Atomen Ammoniumplatinchlorid zu betrachten seyn, die zuletzt analysirten Körper als Mischungen von etwa einem Atom des ersteren und 19 Atomen des letzteren.

Jene Mischung fordert folgende Zusammensetzung:

	Berechnet.	Gefunden.	
Kohlenstoff	4,10	3,98	8 C
Wasserstoff	2,39	2,15	28 H
Stickstoff	5,98	51,64	5 N
Chlor	45,43		15 Cl
Platin	42,10	42,23	5 Pt
	100.	100.	

Diese dagegen folgende:

		Gefunden.		
	Berechnet.	I.	II.	III.
Kohlenstoff	0,53	0,52	0,47	0,40
Wasserstoff	1,87	1,93	1,94	1,96
Stickstoff	6,25	53,58	53,68	53,71
Chlor	47,42			
Platin	43,93	43,97	43,91	43,93
	100	100	100	100.

Wodurch die Differenz der Resultate der zuerst mit alkoholischer Ammoniakflüssigkeit ausgeführten Versuche und der zuletzt erwähnten bedingt war, kann ich nicht angeben. Dort hatte sich das gebildete Cyanammonium unter Paracyanbildung wieder zersetzt, hier nicht. Es bleibt zweifelhaft, was hier die Umsetzung desselben in Paracyan verhindert hat.

Die Resultate, welche sich aus den angestellten Versuchen ergeben, sind in Kürze folgende:

1) Natrium kann im zugeschmolzenen Rohr mit Chloroform bis 200° C. erhitzt werden, ohne darauf zersetzend einzuwirken.

2) Ameisensaures Bleioxyd wirkt auf Chloroform bei einer Temperatur, bei der es bei Abwesenheit des letzteren noch nicht zersetzt wird, nicht ein.

3) Bei einer Temperatur von 190° C. zerlegt sich das ameisensaure Bleioxyd bei Sauerstoffabschluſs langsam in Blei, Kohlensäure und Wasserstoff nach der Formel

$$C^2HO^3 + PbO = 2CO^2 + H + Pb.$$

4) Unter dem Einfluſs von trocknem Ammoniakgas zerlegt sich der Dampf des Chloroforms erst bei einer Temperatur, die der Rothglühhitze nahe liegt. Es entsteht Chlorammonium und Cyanammonium. Wird aber die Temperatur zu hoch gesteigert, so setzt sich eine braune Substanz im Rohr ab, die ohne Zweifel Paracyan ist, das sich aus dem Cyanammonium bildet.

5) Wird die wäſsrige Lösung des Ammoniaks mit Chloroform längere Zeit bis gegen 180° C. erhitzt, so bildet sich kein Cyanammonium, sondern nur ameisensaures Ammoniumoxyd neben Chlorammonium.

6) Setzt man die Lösung des Ammoniaks in absolutem Alkohol, mit Chloroform gemischt, längere Zeit einer Temperatur von 180 bis 190° C. aus, so kann sich neben viel Cyanammonium auch etwas ameisensaures Ammoniumoxyd bilden. Zuweilen ist aber weder das eine noch das andere zu entdecken. Dann hat sich eine gröſsere Menge einer braunen Substanz gebildet, die Kohlenstoff und Stickstoff in groſser Menge enthält und ohne Zweifel im Wesentlichen aus Paracyan besteht.

7) Auſserdem entsteht hiebei eine gröſsere oder kleinere Menge von Aethylamin, deren Bildung jedoch allein durch die Gegenwart des Alkohols und Ammoniaks bedingt ist und gänzlich unabhängig von der des Chloroforms.

X. *Ueber den pseudomorphen Glimmer von Lomnitz; von Gerhard vom Rath.*

Von den Umwandlungen des Feldspaths ist wohl keine mehr geeignet die Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen, als diejenige in Glimmer. Denn da in den alten eruptiven Gebirgsarten Glimmer der fast niemals fehlende Begleiter des Feldspaths ist, so könnte jene Thatsache, dafs der Glimmer zuweilen erweislicher Maafsen aus Feldspath hervorgegangen ist, weitreichende Vermuthungen über die Entstehung jener Gebirgsarten anregen.

Haidinger, welchem wir die Kenntnifs so vieler interessanter pseudomorphischen Processe verdanken, erkannte zuerst unter Feldspath-Krystallen von St. Agnes in Cornwall solche, »in welchen sich als Ausfüllungsmasse ein kleinkörnig zusammengesetzter, dem grünlich-grauen Lepidolith ähnlicher Glimmer zeigte.« Blum entdeckte denselben Umwandlungsprocefs an Feldspath-Krystallen von Warmsteinach im Fichtelgebirge.

Die schönsten und überzeugendsten Pseudomorphosen von Glimmer nach Feldspath fand indefs Hr. Brücke aus Berlin im Granit des Riesengebirges zwischen Lomnitz und Hirschberg. G. Rose beschrieb darauf diese merkwürdigen Bildungen, welche sich auf einem jener zahlreichen Gänge von grobkörnigem Granit fanden, welche den normalen Riesengebirgs-Granit durchsetzen und ihrer grofsen Feldspath-Krystalle wegen ausgebeutet werden. Von diesen veränderten Feldspath-Krystallen theilte mir Hr. Brücke bereitwilligst zum Zweck einer Untersuchung mit, welche die chemischen Vorgänge bei dieser Umwandlung aufhellen sollte.

Das äufsere Ansehen der Stücke, welche mir zur Untersuchung dienten, liefsen nicht den mindesten Zweifel darüber bestehen, dafs hier wirklich ein Umwandlungs-Pro-

cefs vorlag. Die mehrere Zoll grofsen Krystalle, gewöhnlich Zwillinge nach dem Bavenoer Gesetze (eine Diagonal-Fläche gemeinsam), waren mit einer mehr oder weniger dicken Rinde eines feinschuppigen, hellgrünen Glimmers bedeckt. Der Beweis, dafs hier wirklich eine allmählich fortschreitende Umwandlung vor Augen liegt, wird geliefert durch die Art und Weise, wie die Glimmerdecke in den Feldspathkern übergeht; ferner dadurch, dafs bei einzelnen Krystallen der Feldspath verschwunden ist und sie durch und durch nur Glimmer enthalten. Auf den Spaltungsflächen der veränderten Krystalle kann man die Begränzungs-Verhältnisse zwischen dem unveränderten Feldspath, welcher den Kern, und dem Glimmer, welcher die äufsere Hülle bildet, vortrefflich untersuchen. Betrachtet man durch die Lupe eine solche Spaltungsfläche, so erkennt man in der Masse des scheinbar ganz frischen und unveränderten Feldspaths doch schon eine grofse Zahl ganz kleiner, silberglänzender Punkte. Unter allen Krystallen, welche ich besafs, konnte ich keinen finden, der jene silberweifsen Punkte nicht zeigte. Geht man von dem Kerne eines solchen Krystalls weiter gegen den Rand, so verändert sich die fleischrothe Farbe in ein schmutziges Grünlichweifs. Man erkennt hier noch keinen deutlichen Glimmer. Die Masse gehorcht hier nicht dem Spaltungsgesetze des innern frischen Kerns. Der glatte glänzende Feldspathbruch wird ganz rauh und uneben, wenn er in diese Zone übergeht. Die Masse ist körnig und zerreiblich und läfst durch die Lupe eine zahllose Menge jener silberglänzenden Punkte erkennen. Diese Zone dringt nicht immer vollkommen parallel mit der äufseren Begränzungsfläche des Krystalls in das Innere ein. Theils erkennbaren Sprüngen und Spalten des Krystalls folgend, theils durch dem Auge nicht sichtbare Auflockerungen der Masse begünstigt, sieht man jene veränderte Zone bald mehr, bald weniger tief in das Innere eindringen. Oft umschliefst die veränderte Zone eine vollkommen frische Feldspathpartie, oft hängt eine verwitterte Stelle im Innern des frischen Krystalls nur durch

einen schmalen verwitterten Streifen mit der äufseren Zone zusammen.

So wenig bestimmt die Gränze zwischen der unversehrten Feldspath-Masse und der verwitterten Zone ist, ebenso wenig ist dieses der Fall zwischen diesen letzteren und der die Oberfläche des Krystalls bildenden Glimmerdecke. In die weiche, zerreibliche Masse mengen sich zuerst deutlich erkennbare, doch nur wenige Zehntheile einer Linie grofse Glimmerblättchen. Mehr nach aufsen zu werden sie gröfser und zahlreicher, bis endlich ein Haufwerk nach allen Richtungen hin liegender, oft über eine Linie grofser Glimmerblättchen die letzte Zone des Krystalls gänzlich erfüllt. Die Glimmerzone des Krystalls läfst weder unveränderte, noch verwitterte Feldspathmasse erkennen, doch findet man nicht selten kleine Quarzkörnchen zwischen die Glimmerblättchen gelagert. Auch die verwitterte Zone enthält freien Quarz. Man erkennt diefs alsbald, wenn man die weiche Masse in der Chalcedonschale zerreibt. Während die Hauptmasse sogleich zerfällt, bleiben einige durch ihre grofse Härte sogleich erkennbare Quarztheilchen zurück.

Den geschilderten Uebergang von dem unverwitterten Feldspathkern durch die verwitterte Zone in die Glimmerdecke zeigen in der Regel jene veränderten Krystalle. Seltener und als Ausnahme fehlt indefs auch jene mittlere verwitterte Zone, und eine Decke von schönem Glimmer liegt unmittelbar auf dem unveränderten Feldspathkern. Doch auch in diesem Falle zeigt dieser letztere jene silberweifsen Schuppen. Ich untersuchte nun von einem und demselben Krystall die drei Zonen. Der fleischrothe, frische Feldspath zeigte glänzende Spaltungsflächen. Beim Glühen verlor er seine Farbe, wurde porcellanweifs, behielt indefs seinen blättrigen Bruch. Sein specifisches Gewicht ist 2,544. Im Kolben erhitzt, liefert er nur Spuren von Wasser. Die Zahlen unter *a* und *a'* wurden durch Aufschliefsung von 1,6445 und 1,549 Grm. Substanz erhalten. Zu *b* wurden 2,5045 Grm. durch Fluorwasserstoffsäure zersetzt, deren

Dämpfe in das in Wasser angerührte feine Pulver hineingeleitet wurden, *c* ist das Mittel aus jenen Analysen.

	I.				Sauerstoffmengen.	
	a	*a'*	*b*	*c*		
Kieselsäure	66,80	66,52	—	66,66	—	34,66
Thonerde	18,78		19,01	18,86	8,83	8,97
Eisenoxyd	0,49		0,44	0,46	0,14	
Kalkerde	0,32		0,40	0,36	0,10	2,85
Magnesia	0,18		0,24	0,21	0,08	
Kali	—		11,12	11,12	1,90	
Natron	—		3,01	3,01	0,77	
Glühverlust	0,50			0,50		
				101,18		

Die Sauerstoffmengen von $\dot{R} : \ddot{R} : \ddot{Si}$ verhalten sich = 0,99 : 3,10 : 12. Derselbe fleischfarbene Feldspath von Lomnitz wurde vor langer Zeit schon ein Mal von Valentin Rose untersucht. Er fand folgende Zusammensetzung: Kieselsäure 66,75, Thonerde 17,50, Eisenoxyd 1,75, Kalkerde 1,25, Kali 12,00 = 98,25. Es ist zu bemerken, dafs Val. Rose sicherlich nicht auf Natron den Feldspath untersucht hat. Der Natron-Gehalt unseres Feldspaths ist bedeutender, als man ihn für den granitischen Feldspath bisher anzunehmen pflegt. Es ist das Verhältnifs der Alkalien, wie wir es mehr in dem glasigen Feldspath zu finden gewohnt sind.

Die Substanz der verwitterten Feldspathzone gab im Kolben Wasser. Es war unmöglich, sie ganz rein von allen eingemengten kleinen Glimmerschüppchen zu erhalten. Demselben kann indefs kein wesentlicher Einfluſs auf das Resultat zugeschrieben werden. Das specifische Gewicht ist 2,646, schon etwas zu hoch für einen Feldspath. Die Analysen mit kohlensaurem Natron *a* (1,307 Grm.) und mit Fluorwasserstoffsäure *b* (2,229) ausgeführt, ergaben folgende Resultate:

	II.				Sauerstoffmengen.	
	a.	*b.*	*c.*	*d.*		
Quarz	66,64	3,23	3,23			
Kieselsäure		—	63,41	65,48	34,00	
Thonerde	19,12	20,28	19,70	20,34	9,51	9,70
Eisenoxyd	1,37	1,12	1,24	1,32	0,19	
Kalkerde	0,61	0,45	0,53	0,54	0,15	2,36
Magnesia	0,38	0,21	0,29	0,30	0,12	
Kali	—	8,92	8,92	9,21	1,56	
Natron	—	2,02	2,02	2,08	0,53	
Glühverlust	1,30	—	1,30	1,34		
			100,64	100,61		

d enthält die Zahlen der Analyse *c*, nachdem die 3,23 Proc. Quarz abgezogen, und die übrigen Werthe von Neuem berechnet waren. Es verhalten sich die Sauerstoffmengen $\dot{R} : \ddot{R} : \ddot{S}i = 0{,}83 : 3{,}42 : 12$. Als ich die vorstehende Analyse mit kohlensaurem Natron ausgeführt hatte, war ich nicht wenig überrascht, in einem so sehr verwitterten Mineral genau die gleiche Menge Kieselsäure zu finden, wie in dem noch unverwitterten fleischrothen Feldspath. Die abgeschiedene Kieselsäure war vollkommen rein und löste sich in kochender Lösung von kohlensaurem Natron vollständig auf. Die Analyse mit Fluorwasserstoffsäure klärte diesen sonderbaren Umstand auf. Als ich nämlich über den Fluorverbindungen Schwefelsäure abgedampft hatte, löste sich der Rückstand nicht einmal in kochender Salzsäure ganz auf. Es blieben jene 3,23 Proc. der angewandten Menge eines weifsen körnigen Pulvers zurück, welches durch die grofse Härte sogleich als Quarz erkannt wurde.

Der Glimmer bildete eine etwa liniendicke Schicht über dem zersetzten Feldspath. Sie bestand aus einem Gewebe nach allen Richtungen hin liegender, eine Linie grofser Glimmerschüppchen. Zwischen denselben fanden sich nicht elten Stecknadelknopf-grofse Quarzkörner, wovon indefs r zur Analyse verwandte Glimmer vollständig gereinigt rde. Er war vollkommen durchsichtig grünlich und 967. Fluor war in demselben nicht zu entdecken.

Im Kolben gab er Spuren von Wasser. Beim Glühen wird das Mineral braun, behält indefs seine Durchsichtigkeit bei. Die Analyse *a* wurde mit kohlensaurem Natron, *b* mit Fluorwasserstoffsäure ausgeführt:

III.

	a.	*a'.*	*b.*	*c.*	Sauerstoffmengen.	
Kieselsäure	48,84	49,24	—	49,04	25,46	
Thonerde	—		29,01	29,01	9,78	11,45
Eisenoxyd	5,47		5,66	5,56	1,67	
Kalkerde	0,23		0,11	0,17	0,05	2,37
Magnesia	0,76		0,75	0,75	0,29	
Kali	—		11,19	11,19	1,90	
Natron	—		0,50	0,50	0,13	
Wasser	1,16	4,65		1,16		
Glühverlust			4,64	3,49		
				100,87.		

Das Sauerstoffverhältnifs von $\dot{R} : \ddot{R} : \ddot{S}i = 1 : 4{,}83 : 10{,}74$. Dieser Glimmer hat eine von den gewöhnlichen Kali-Glimmern aufserordentlich abweichende Zusammensetzung. Unter allen bisher untersuchten sind nur zwei ihm ähnlich: ein von Rammelsberg untersuchter silberweifser Glimmer von unbekanntem Fundorte, und der von mir analysirte Glimmer, welcher zu Arendal pseudomorph nach Skapolith vorkommt.

Worin der Glühverlust von 3,49 Proc. besteht, vermag ich nicht anzugeben. Ich vermuthe indefs, dafs er theils von organischen Stoffen, theils von Wasser herrührt, welches erst bei einer Temperatur fortgeht, welche man bei der Wasserbestimmung nicht anwenden kann. Eine zweite Wasserbestimmung ergab sogar nur 0,89 Proc. Bei jenem ersten Versuche, der den Wassergehalt 1,16 Proc. ergab, hatte ich das Mineral anhaltend bei 100° getrocknet. Die getrocknete Substanz verlor zwischen 100 und 150° Nichts an ihrem Gewichte. Sie wurde nun in den Kolben zur Wasserbestimmung gebracht, und 10 Minuten lang so stark erhitzt, bis das Glas zu erweichen begann; dabei verlor

sie 1,16 Proc. Wasser. Die braun gewordenen Glimmerschüppchen wurden darauf in einem Platintiegel einer so starken Hitze ausgesetzt, wie sie nur eine Berzelius'sche Lampe hervorbringen kann, es verflüchtigten sich während ¼ Stunde 2,72. Die so geglühte Masse gab indefs, von Neuem dem stärksten Gasgebläse ausgesetzt, nochmals 0,76 Proc. flüchtige Theile. Der Gesammtverlust an flüchtigen Stoffen ergiebt sich daraus = 4,64 Proc.

Wir wollen nun versuchen, die Stoffe zu ermitteln und ihre Menge, welche theils eintreten, theils austreten mufsten, damit sich der Feldspath durch den Verwitterungs-Zustand hindurch in den Glimmer umwandeln konnte. Schwieriger wird es seyn, diese Umänderung durch chemische Gesetze zu erklären.

Es mufs überraschen, dafs das specifische Gewicht des Feldspaths, wenn er sich in das Verwitterungs-Product umwandelt, von 2,544 auf 2,646 steigt, während doch die chemische Zusammensetzung sich nicht so sehr bedeutend verändert. Folgende zwei Thatsachen scheinen jene Gewichtserhöhung zu bewirken: der Eintritt von Eisenoxyd und die Ausscheidung jener 3,23 Proc. Kieselsäure, welche nicht mehr in der Mischung des Minerals, sondern als Quarz ausgeschieden sich finden. Der Kieselsäure mufs offenbar, wenn sie in der Mischung eines Minerals sich befindet, ein geringeres specifisches Gewicht zukommen, als dasjenige des Quarzes (2,65). So wiegt ja der Oligoklas mit etwa 63 Proc. Kieselsäure 2,63 bis 2,65 (Kersten), während ein Albit mit 68 Proc. Kieselsäure und übrigens ähnlicher chemischer Beschaffenheit nur 2,59 wiegt. Die mehr eintretende Kieselsäure drückt also das Gewicht unter dasjenige des Quarzes hinunter. Denken wir uns aus dem Albit einen Theil der Kieselsäure abgeschieden, aber dem Mineral beigemengt, so würde ohne Zweifel das Gewicht des Gemenges höher ausfallen als 2,59. Ganz dasselbe haben wir nun bei unserem Feldspath.

Es spielen in der Natur eine grofse Rolle die Quarz-Ausscheidungen und Neubildungen. Diese letzteren finden

wir: in den Organismen der lebendigen und der todten, in den Formen anderer Mineralien (als Pseudomorphose), in der dem Quarz eigenthümlichen Form, endlich als amorphe Massen. Der verwitterte Feldspath legt vor Augen, woher die ausgeschiedene Kieselsäure stammt. Der Rest der ursprünglichen Bildung und die Neubildung sind hier zufälliger Weise an demselben Orte geblieben. Wäre mehr Lösungs-Mittel vorhanden gewesen, so wäre ohne Zweifel die Kieselsäure nicht schon hier zur Abscheidung gekommen, sondern zu einer jener genannten neuen Bildungen fortgeführt worden.

Wie wurde bei der Verwitterung des Feldspaths eine Quarzausscheidung bewirkt? Auf dieselbe Weise, wie wir künstlich Silicate zersetzen; nur dafs bei den Vorgängen in der Natur statt der Chlorwasserstoffsäure gewöhnlich nur Kohlensäure wirkt. Die meteorischen Wässer mit ihrem Gehalte an atmosphärischer Kohlensäure sinken in jenen Gängen grobkörnigen Granits nieder. Die Kohlensäure ergreift die Alkalien, führt sie als Carbonate fort, während die Kieselsäure aus der Mischung austritt. Für die Umänderung der Kieselsäure aus der löslichen Modification (in welcher sie ohne Zweifel ausgeschieden wurde) in die unlösliche (wie wir sie finden) bietet die arsenige Säure ein Analogon dar. Sie geht aus dem löslichen glasartigen Zustand ganz von selbst in den schwerlöslichen krystallinischen Zustand über.

Ueber das Hinzutreten und die Wegführung der basischen Bestandtheile des Feldspaths bei der Verwitterung können wir nur dann ein Urtheil gewinnen, wenn wir die Zahlen der Reihe *d* der Analyse II. direct vergleichbar machen mit den Resultaten der Analyse I. Hierzu bietet uns die Thonerde ein erwünschtes Mittel. Die Annahme, dafs die Thonerde in ihrer absoluten Menge unverändert geblieben, ist wahrscheinlich genug, dafs wir auf sie unsere weitere Betrachtung stützen können. Die Thonerde ist unter den gewöhnlichen Bestandtheilen der Mineralien derjenige, welcher seinen Ort am wenigsten verändert. Indem

wir die 20,34 Proc. Thonerde der Analyse II, *d* reduciren auf 18,86 (Anal. I) und nach demselben Maafse alle übrigen Bestandtheile, erhalten wir eine Uebersicht über die wahre Zu- oder Abnahme der Stoffe und die Gröfse derselben. Folgendes ist die reducirte Zusammensetzung des verwitterten Feldspaths.

		Fortgeführt.	Zugeführt.
Kieselsäure	60,71	5,95	—
Thonerde	18,86	—	—
Eisenoxyd	1,22	—	0,76
Kalkerde	0,50	?	?
Magnesia	0,28	?	?
Kali	8,54	2,58	—
Natron	1,92	1,09	—
Glühverlust	1,24		0,74
	93,27	9,62	1,50.

Vergleichen wir nun diese Zahlen mit der Feldspath-Zusammensetzung I, so ergiebt sich, dafs nur ein Theil der Kieselsäure als Quarz im Gemenge vorhanden seyn konnte, dafs ein anderer Theil durch die Gewässer fortgeführt worden seyn mufs. Fortgeführt sind ferner zum Theil die Alkalien, hinzugeführt ist Eisenoxyd und Wasser oder organische Stoffe.

Das Verhalten der Alkalien verdient hier ein besonderes Interesse, da sie offenbar bei der Glimmerbildung die Hauptrolle spielen. Vom Natron sind $\frac{37}{100}$, vom Kali $\frac{23}{100}$ verschwunden. Der Grund, warum Natron und Kali sich bei geologischen Processen so verschieden verhalten, vermögen wir noch nicht anzugeben. Wir müssen uns begnügen darauf hinzuweisen, dafs es eine durchgehende Regel ist, dafs das Natron viel eher in Lösung übergeht als das Kali und dafs dieses letztere, wenn es sich in Lösung befindet, eine viel gröfsere Neigung zeigt, wieder in feste dung überzugehen, als das Natron. Es wird dieses gende Thatsachen bewiesen: Von Mineralien, wel- esentlich nur dadurch unterscheiden, dafs das lt, das andere Natron (Feldspath und Oli-

goklas), verwittert dieses bei weitem eher als das Kali-haltige. Gesteine, welche im frischen und im verwitterten Zustande untersucht worden sind, zeigten in diesem ein Ueberwiegen des Kali über das Natron, im Vergleiche zum frischen Gesteine. Behandelt man ein Gestein mit Säure, so enthält die Lösung das Natron überwiegend, im Vergleiche zum Verhältnisse der beiden Alkalien im ungelösten Rückstand. Das Natron tritt bei mineralischen Neubildungen niemals ein, sehr oft indefs das Kali. Gewifs existirt auf Erden mehr Kali in fester Form als wie in Lösung. Betrachten wir aber das Weltmeer, so gewinnen wir die Ueberzeugung, dafs das gelöste Natron bei weitem mehr beträgt, als das an feste Form in Mineralien gebundene.

Der geringe Gehalt von Kalkerde und Magnesia ist bei der Verwitterung nicht wesentlich verändert worden. Für das Eintreten des Eisenoxyds in die Silicat-Mischung eine Erklärung durch das Experiment zu geben, ist in neuerer Zeit G. Bischof gelungen [1]). Indem derselbe kieselsaures Natron über Eisenoxydhydrat kochte, bildete sich kieselsaures Eisenoxyd. In ähnlicher Weise können wir uns die Zersetzung des Feldspaths denken. Kohlensaures Eisenoxydul, der gewöhnliche Bestandtheil der Gewässer, schlug sich in Berührung mit atmosphärischer Luft als Eisenoxydhydrat nieder. Diefs wirkte auf das kieselsaure Alkali des Feldspaths ein. Kieselsaures Eisenoxyd trat in die Mischung ein, indem eine entsprechende Menge Alkali austrat. Bei der Umwandlung des Skapolith in Epidot [2]) treten in das Eisen-arme Mineral 15 Proc. Eisenoxyd ein.

Reduciren wir die Zusammensetzung des Glimmers gerade so, wie wir es mit dem verwitterten Feldspath gethan haben unter der Annahme, dafs die absolute Menge der Thonerde unverändert geblieben sey, so ergiebt sich:

1) S. Verhandlungen des naturhistorischen Vereins Bd. XII, S. 308.
2) S. diese Annalen Bd. XC No. 10, S. 307.

		Fortgeführt.	Zugeführt.
Kieselsäure	31,89	34,77	—
Thonerde	18,86	—	—
Eisenoxyd	3,61	—	3,15
Kalkerde	0,11	?	?
Magnesia	0,48	?	?
Kali	7,27	2,85	—
Natron	0,32	2,69	—
Wasser u. Glühverlust	2,26		1,76
	65,55	41,31	4,91

Während der Feldspath bis zur Stufe der Verwitterung noch nicht ganz 7 Proc. verloren hatte, verschwanden bis zur Glimmerbildung 34,5 Proc. (wenn wir nämlich die hinzugeführten Theile Eisenoxyd und Wasser gegen gleiche Theile, welche austraten, aufheben). Die Veränderungen im Kalk- und Magnesia-Gehalte möchten auch hier wieder als unwesentlich zu vernachlässigen seyn. Im Uebrigen sehen wir, dafs die Zusammensetzung des Glimmers durch dieselben Vorgänge sich müsse gebildet haben; nur sind sie weit mehr fortgeschritten. Die chemische Zusammensetzung, wie die äufsere Erscheinung des untersuchten Handstücks, beweist, dafs der verwitterte Feldspath eine Zwischenstufe bei der Glimmerbildung ist.

Die Sauerstoffzahlen des Glimmers Analyse III, erlauben nicht eine natürliche Formel aufzustellen. Der Ausdruck $(\dot{K}, \dot{Mg}, \dot{Ca}, \dot{Na}^3)\ddot{\dot{S}}i + (\ddot{\dot{A}}l, \ddot{\dot{F}}e)\ddot{\dot{S}}i^2$ würde allerdings der Zusammensetzung entsprechen, doch können so unmöglich die Stoffe geordnet seyn, da die schwachen Basen nicht auf einer höheren Sättigungsstufe stehen können, als die starken. Wie aber auch die Ordnung der Stoffe im Glimmer seyn möge, so ist gewifs, dafs er kein neutrales Thonerde-Silicat, wie der Feldspath ($\ddot{\dot{A}}l\ddot{\dot{S}}i^3$), enthalten könne. Das zweite Glied der Feldspath-Formel $\ddot{\dot{A}}l\ddot{\dot{S}}i^3$ konnten wir auf jener ersten Stufe der Verwitterung als ungestört betrachten; hier aber hat sich Alles ganz und gar verändert.

Der gewöhnliche Zersetzungs-Procefs des Feldspaths

— die Kaolinbildung — bietet eine ähnliche Erscheinung dar. Es verschwindet hierbei bekanntlich nicht nur das Kali-Silicat, sondern auch der gröfsere Theil ($\frac{1}{2}\frac{5}{7}$) der Kieselsäure des Thonerde-Silicats. Forchhammer hat allerdings die Existenz eines Kali-Silicats von der Zusammensetzung $\dot{K}^3\ddot{S}i^8$ dargethan. Dieses existirt aber im Feldspath nicht. Es bleibt also unbegreiflich, wie aus 3 Atomen Feldspath jenes saure Silicat ausgezogen werden sollte.

Die chemischen Vorgänge, welche die secundäre Glimmerbildung begleiteten, mögen wohl bei fortgesetzter Forschung sich enthüllen. Doch genügen, wie ich glaube, diese Vorgänge nicht zur Erklärung der Pseudomorphosen mit Austausch von Bestandtheilen. Ohne Zweifel haben auch die Krystallisationskräfte einen Antheil bei der allmählichen Neubildung.

Folgendes ist die der vollständigen Erklärung noch bedürftige Thatsache, welche uns die Bildung des Glimmers aus Feldspath darbietet: Eine mineralische Substanz von bestimmter Form und Mischung geht durch einen Zwischenzustand — eine Masse ohne Form und bestimmte Zusammensetzung — in ein neues Mineral über mit gesetzmäfsiger aber neuen Form und Mischung.

Oben wurde bereits erwähnt, dafs unser neugebildeter Glimmer kaum ein Analogon unter den bisher untersuchten Glimmer-Varietäten habe. Es ist darum besonders merkwürdig, dafs gerade der aus Wernerit neugebildete Glimmer [1]) eine grofse Aehnlichkeit mit dem Feldspath-Glimmer besitzt. Wie wir aus den Zahlen auf der vorigen Seite unmittelbar die bei der Bildung des Glimmers aus Feldspath ab- und zugeführten Stoffen und ihre Menge überblicken konnten, so ergeben sich aus den folgenden Zahlen dieselben Verhältnisse für die Glimmerbildung aus Wernerit. 1) ist die muthmafsliche ursprüngliche Zusammensetzung des Wernerits ($\dot{R}^3\ddot{S}i^2 + 2\dot{R}\ddot{S}i$), 2) ist die gefundene Zusammensetzung des neugebildeten Glimmers, 3) die unter

1) S. diese Annalen Bd. XC, No. 10, S. 288.

der Annahme, die Thonerde sey bei der Umwandlung unverändert geblieben, reducirte Mischung desselben.

	1.	2.	3.	Fortgeführte Stoffe.	Zugeführte Stoffe.
Kieselsäure	49,5	50,55	49,13	—	—
Thonerde	27,5	28,29	27,5	—	—
Eisenoxyd	—	5,50	5,34	—	5,34
Kalkerde	15,0	2,43	2,36	12,64	—
Magnesia	—	0,41	0.39	—	0,39
Kali	—	7,62	7,41	—	7,41
Natron	8,0	1,26	1,22	6,78	—
Wasser	—	3,91	3,80	—	3,80
	100,	99,97	97,15	19,42	16,94.

Vergleichen wir diese Zahlen mit den entsprechenden des Feldspath-Glimmers, so müssen wir erstaunen, wie aus so verschiedenen ursprünglichen Mineralien dieselbe Neubildung hervorgehe. Wie verschieden müssen die Vorgänge gewesen seyn, welche die Umwandlung des Feldspaths bewirkten, und diejenigen, welche den Glimmer aus Wernerit bildeten. In der That, die Bildung des Glimmers aus so vielen und so verschiedenartigen Mineralien — Andalusit, Beryll, Cordierit, Cyanit, Feldspath, Hornblende, Nephelin, Turmalin, Wernerit — scheinen zu beweisen, dafs sie in einer gewissen Hinsicht unabhängig von der Zusammensetzung des ursprünglichen Minerals sey.

Wir verdanken G. Bischof die chemische Kenntnifs eines aus Feldspath entstandenen Glimmers von Finbo [1]).

Dieser Glimmer stimmt in seiner Zusammensetzung vorzüglich wegen des hohen Kieselsäure-Gehalts nicht sonderlich mit dem pseudomorphen Glimmer von Lomnitz überein, so dafs es scheint, als ob der aus Feldspath entstehende Glimmer eine veränderliche Zusammensetzung haben

, dieser Glimmer von Finbo enthielt 6 Procent weali, dafür aber 6 Proc. Kieselsäure mehr. Thonerde yd betrugen 33 Proc., davon kamen $\frac{2}{3}$ auf die

1 des naturhistorischen Vereins für Rheinl. und Westph. 5.

Thonerde, $\frac{2}{3}$ auf das Eisenoxyd. Das Sauerstoffverhältnifs $\dot{R} : \ddot{R}(\ddot{Al}, \ddot{Fe}) : \ddot{Si}$ ist gleich 1,74 : 13,24 : 28,65 oder = 1 : 7,6 : 16,5; es ist durchaus unähnlich irgend einem der Verhältnisse, welche den Rammelsberg'schen Glimmerformeln entsprechen [1])

Wenn im Eingange dieses Aufsatzes gesagt wurde, dafs die Umwandlung des Feldspaths in Glimmer Licht auf die Entstehung des Granits selbst zu werfen scheinen könnte, so wollen wir, von allem Andern abgesehen, nur des Umstandes Erwähnung thun, dafs der Granit in weiter Umgebung von Lomnitz durchaus keinen hellen Kali-Glimmer, sondern nur schwarzen Magnesia-Glimmer enthält.

XI. *Ueber das Aequivalent des Antimons; von R. Schneider.*

Das Aequivalent des Antimons ist (im Jahre 1818) von Berzelius [2]) bestimmt worden. Er oxydirte eine gewogene Menge metallischen Antimons durch Salpetersäure, dampfte ab und glühte den Rückstand im Platintiegel; dabei fand er, dafs 100 Theile Antimon 124,8 Theile antimonsaures Antimonoxyd bilden. Hieraus ergab sich das Aequivalent des Antimons zu 1612,9, (oder zu nahe 129 für H = 1) — eine Zahl, die bis jetzt unverändert beibehalten worden ist.

Es verdient bemerkt zu werden, dafs Berzelius [3]) in einer früheren Arbeit (über die Oxyde des Antimons, 1812) bei der Verwandlung von Antimon in antimonsaures Antimonoxyd nach derselben Methode Zahlen erhielt, die

1) S. Rammelsberg 4. Suppl. z. Handwörterbuch d. Min. S. 77.
2) Schweigg. Journ. 22, 69.
3) Ebendaselbst 6, 144.

bedeutend höher liegen als 124,8, nämlich in den verschiedenen Versuchen: 125,8, 126, 127,5, 127,8, 126,56. Freilich zeigen diese Zahlen nicht Uebereinstimmung genug, als dafs man berechtigt wäre, dieselben der Berechnung des Aequivalentes zu Grunde zu legen. Nimmt man aber probeweise das Mittel (126,73) daraus, so berechnet sich für das Aequivalent des Antimons eine Zahl (1492,7), die derjenigen, zu welcher die vorliegende Arbeit (allerdings auf einem ganz anderen Wege) geführt hat, bis auf eine verhältnifsmäfsig kleine Abweichung angenähert ist. — Berzelius hat indefs jene Zahlen später verworfen, weil, wie er selbst sagt, die bei den früheren Versuchen benutzten Glaskolben (in denen damals auch das Glühen des Rückstandes ausgeführt wurde) nicht der erforderlichen Temperatur hatten ausgesetzt werden können.

Es mufste bei der Wiederbestimmung des Antimonaequivalentes bedenklich erscheinen, eine Methode zu wählen, die selbst in Berzelius' sicherer Hand zu so wenig übereinstimmenden Resultaten geführt hatte. Zudem durfte es nicht als ausgemacht angesehen werden, dafs das antimonsaure Antimonoxyd in hoher Temperatur keinen Sauerstoff verliert; der Umstand, dafs Berzelius bei seinen späteren Versuchen, bei denen offenbar eine höhere Temperatur angewandt wurde, weniger Rückstand erhielt, als bei den früheren, schien gerade auf einen derartigen Verlust hinzudeuten. Ich habe mit Rücksicht auf diese Unsicherheit von der bezeichneten Methode, wie sehr dieselbe sich auch durch Einfachheit empfiehlt, absehen zu müssen geglaubt.

Auch die Verwandlung einer gewogenen Menge reinen Antimons in Dreifach-Schwefelantimon (durch unmittelbares Zusammenschmelzen), schien mir nicht genügende Sicherheit zu bieten. Selbst wenn es gelänge, die Temperatur genau zu treffen und längere Zeit hindurch sicher einzuhalten, bei welcher der im Ueberschufs angewandte Schwefel vollständig, von dem zur Constitution des Schwefelantimons gehörigen keine Spur verflüchtigt wird, so

würde dem Gelingen des Versuches immer noch die Schwierigkeit entgegenstehen, während der ganzen Dauer desselben den Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffs vollständig auszuschliefsen und einer theilweisen Oxydation vorzubeugen, wozu das Schwefelantimon schon bei mäfsig hoher Temperatur geneigt ist.

Es lag der Gedanke nahe, anstatt des metallischen Antimons das Antimonoxyd als Ausgangspunkt für die Aequivalentbestimmung zu benutzen. Zwar läfst sich dieses Oxyd, wie wiederholte Versuche gezeigt haben, nicht durch Wasserstoff reduciren, ohne dabei in beträchtlicher Menge verflüchtigt zu werden; dagegen kann dasselbe durch vorsichtiges Erhitzen im Schwefelwasserstoffstrome vollständig und ohne bemerkbaren Verlust in Schwefelantimon verwandelt werden. — Leider haben sich die Schwierigkeiten, die der Darstellung des chemisch reinen Antimonoxydes entgegenstehen, besonders dann, wenn es darauf ankommt, in etwas gröfserem Maafsstabe zu arbeiten, nicht vollständig beseitigen lassen. Die meisten vorgeschlagenen Methoden geben bekanntlich ein Oxyd, das nicht frei ist von höheren Oxydationsstufen des Antimons. Die einzige, die dieser Vorwurf nicht trifft, die Zersetzung von Algarothpulver durch kohlensaures Natron, zeigt sich insofern schwierig, als es selbst bei tagelangem Auswaschen nicht gelingt, dem Antimonoxyd die letzten Spuren von Natron zu entziehen. Selbst wenn das zuletzt ablaufende Waschwasser beim Abdampfen durchaus keinen Rückstand mehr hinterläfst, kann in dem Oxyde, durch Auflösen desselben in Chlorwasserstoffsäure, Fällen mit Schwefelwasserstoff und Abdampfen des Filtrats ein Gehalt an Natron nachgewiesen werden.

Es wird unter diesen Umständen gerechtfertigt erscheinen, wenn ich schliefslich von einer natürlichen Verbindung des Antimons ausgegangen bin. Schon bei einigen früheren Aequivalent-Bestimmungen hat man sich mit Vortheil solcher natürlicher Verbindungen bedient und es mufs diefs in allen den Fällen gerathen erscheinen, wo die Natur

Substanzen in einem Zustande der Reinheit darbietet, den wir auf künstlichem Wege zu erreichen nicht im Stande sind. Die Aequivalente des Calciums und Magnesiums sind als genau festgestellt zu betrachten, erst seitdem man Doppelspath und Magnesit zur Bestimmung derselben herangezogen hat.

Die Substanz, deren ich mich bei der vorliegenden Arbeit bedient habe, ist ein Antimonglanz von Arnsberg. Derselbe ist ausgezeichnet durch einen seltenen und überraschenden Grad von Reinheit. Von den Metallen, die das natürliche Schwefelantimon gewöhnlich begleiten (Arsenik, Blei, Kupfer, Eisen), ist keins in nachweisbarer Menge darin enthalten: er giebt vor dem Löthrohre durchaus keinen Knoblauchgeruch und ist durch Salzsäure ohne allen Rückstand (abgesehen von einer Spur Quarz) zersetzbar; der in der salzsauren Lösung durch Schwefelwasserstoff bewirkte Niederschlag ist in Schwefelalkalimetallen vollständig löslich, das Filtrat von diesem Niederschlage wird weder durch Schwefelammonium, noch durch Kaliumeisencyanür im Geringsten getrübt oder verdunkelt. — Eine geringe Menge Quarz (im Durchschnitt $\frac{1}{3}$ Proc.), die diesen Antimonglanz als Gangart begleitet und die selbst beim sorgfältigsten Auslesen nicht völlig zu beseitigen war, hat die Genauigkeit der weiter unten mitgetheilten Versuche nicht beeinträchtigen können, da sie sich in jedem einzelnen Falle mit grofser Schärfe bestimmen liefs.

Die Reduction dieses Antimonglanzes im Wasserstoffstrome hat die nöthigen Data für die Aequivalentbestimmung an die Hand gegeben. Es hat sich gezeigt, dafs diese Reduction bei einer Temperatur ausgeführt werden kann, bei der kaum bemerkbare Mengen von Schwefelantimon verflüchtigt werden. Bedingung für das Gelingen des Versuches ist indefs, dafs die Temperatur niemals höher als bis zur beginnenden Schmelzung des Schwefelantimons gesteigert und dafs der Wasserstoffstrom niemals zu sehr beschleunigt werde. Es ist bei den weiter unten mitgetheilten Versuchen auf die Reduction von je einem Gramm Schwefelantimon meistens

eine Stunde Zeit und darüber verwendet worden. In einem Falle (s. unten Versuch III), wo der Wasserstoffstrom aufsergewöhnlich beschleunigt wurde und auch ein etwas stärkeres Erhitzen stattfand, zeigte sich die Menge des verflüchtigten Schwefelantimons auf 0,05 Proc. der angewendeten Substanz gestiegen, während sie in keinem der anderen Versuche 0,02 Proc. betragen hatte. Es war aber dieser Versuch, der mit 4,1 Grm. Schwefelantimon angestellt wurde, in kaum 3 Stunden beendigt worden.

Das zur Reduction benutzte Wasserstoffgas, aus einem sehr reinen Zink und reiner Schwefelsäure entwickelt, war, ehe es in die Reductionsröhre eintrat, auf das Sorgfältigste gereinigt worden. Es wurde aus der Entbindungsflasche zunächst durch eine kalische Auflösung von weinsteinsaurem Kupferoxyd geleitet, dann durch zwei Flaschen mit einer Auflösung von salpetersaurem Bleioxyd in Kali, darauf durch zwei 3 Fufs lange Röhren, mit groben Glassplittern gefüllt, welche letztere mit einer Auflösung von schwefelsaurem Silberoxyd genetzt waren, darauf durch eine Schwefelsäureflasche, endlich durch drei *U*-förmige, $1\frac{1}{2}$ Fufs lange Röhren, in deren ersterer sich reines geschmolzenes Chlorcalcium, in den beiden anderen geschmolzenes Aetzkali in kleinen Stückchen befand. — Die angewandten Reductionsröhren waren aus härtestem Glase gefertigt und möglichst stark in den Wandungen der angeblasenen Kugel, so dafs diese selbst nach stundenlangem Erhitzen ihre Gestalt unverändert beibehielt. Die Gestalt dieser Röhren wich von der gewöhnlichen insofern ab, als die Kugel unter die Leitungsröhren bedeutend versenkt war. Es bietet diese Gestalt den Vortheil, dafs gröfsere Mengen von Substanz auf einmal zur Reduction gebracht werden können und dafs nicht so leicht Theilchen des zu reducirenden Körpers im Gasstrome mechanisch fortgerissen werden.

Um die während der Reduction (selbst bei möglichst niedrig gehaltener Temperatur) verflüchtigten kleinen Mengen von Schwefelantimon aufzufangen, wurde das aus der Reductionsröhre austretende Gasgemenge durch eine kleine

Vorlageflasche mit destillirtem Wasser und zwei andere mit Aetzammoniakflüssigkeit geleitet, womit zugleich der Vortheil verbunden war, dafs das Schwefelwasserstoffgas vollständig absorbirt wurde. In einigen Versuchen habe ich hinter die erste Vorlage mit Ammoniak zwei solche mit concentrirter Bleizuckerlösung und nach dieser eine mit salpetersaurem Silberoxyd eingeschaltet, um zu sehen, ob unter den abziehenden Gasen sich Antimonwasserstoff befinde[1]). In keinem Falle wurde die Silberlösung auch nur im Geringsten getrübt, und es ist somit als erwiesen zu betrachten, dafs ein Verlust von Antimon auf diesem Wege nicht stattgefunden hat.

Nach beendigter Reduction wurde der Inhalt der beiden ersten Vorlageflaschen zusammengegossen, das Waschwasser vom Reinigen der Leitungsröhren hinzugefügt und die ganze Flüssigkeit schwach mit Salzsäure angesäuert. Das gefällte Schwefelantimon (nebst viel freiem mitgefälltem Schwefel) wurde nach einiger Zeit auf einem möglichst kleinen Filtrum gesammelt, durch vorsichtiges Rösten in antimonsaures Antimonoxyd verwandelt und diefs gewogen.

Bei der Beendigung der einzelnen Versuche zeigte sich die Schwierigkeit, dem reducirten Antimon die letzten Spuren von Schwefel vollständig zu entziehen. Selbst nach stundenlangem starken Erhitzen des Metalles fand immer noch eine schwache Entwickelung von Schwefelwasserstoff statt, die zwar kaum durch den Geruch, wohl aber durch ein herangehaltenes mit Bleizuckerlösung getränktes Papier deutlich wahrgenommen werden konnte. Um die schon an sich langwierigen Versuche nicht noch mehr in die Länge zu ziehen, habe ich diesen, mit so grofser Hartnäckigkeit vom Antimon zurückgehaltenen Schwefel auf andere Weise zu bestimmen gesucht.

1) Durch Wasser, Aetzammoniak und essigsaures Bleioxyd wird (nach Simon) Antimonwasserstoff nicht zersetzt. Die Bleizuckerlösung diente nur dazu, dem Wasserstoffgase vor der Berührung mit der Silberlösung die letzten Spuren von Schwefelwasserstoff und das aus der zweiten Vorlage verdampfte Ammoniak zu entziehen.

Das metallische Antimon wurde in Königswasser aufgelöst — (der hierbei ungelöst bleibende Quarz wurde abfiltrirt und gewogen) —, die Auflösung im Wasserbade zur Trockne verdampft und darin bis zur Vertreibung der gröfsten Menge freier Säure erwärmt. Der Rückstand wurde darauf mit heifsem Wasser übergossen, mit reinem kohlensauren Natron übersättigt, längere Zeit damit digerirt, das ausgeschiedene Antimonoxyd abfiltrirt und aus dem mit Salzsäure angesäuerten Filtrate durch salpetersaure Baryterde die Schwefelsäure gefällt. Aus dem Gewichte des schwefelsauren Baryts ergab sich die vom Antimon zurückgehaltene Schwefelmenge. Dieselbe betrug im höchsten Falle (s. Versuch III) etwa 0,1 Proc., und bei den andern Versuchen in demselben Maafse weniger als das letzte Erhitzen des Antimons im Wasserstoffstrom verlängert worden war.

Es sind nach dem im Vorhergehenden beschriebenen Verfahren im Ganzen acht Versuche ausgeführt worden. Zu den Versuchen I, II, IV, V, VI und VII wurde der Antimonglanz im Zustande eines gröblichen Pulvers benutzt, aus dem der Quarz möglichst sorgfältig ausgelesen und das gleichmäfsig gemischt worden war. Bei den Versuchen III und VIII wurden gröbere Stückchen des Antimonglanzes angewandt, die gleichfalls sorgfältig ausgesucht waren, in denen aber etwas mehr Quarz eingeschlossen war. — Folgendes sind die Resultate, wie sie bei den einzelnen Versuchen erhalten wurden.

I. Versuch.

Dauer der Reduction 3 Stunden.

Angewandte Substanz	3,20925	Grm.
Quarz	0,011	»
Abnahme nach der Reduction	0,9125	»
Schwefelantimon aus den Vorlagen . .	0,0005	»
BaO, SO_3 aus dem reducirten Antimon = 0,009 Grm., also Schwefel . . .	0,00125	»

Danach sind enthalten in 100 Theilen Schwefelantimon:

71,441 Proc. Antimon und
28,559 » Schwefel.

II. Versuch.

Dauer der Reduction 4 Stunden.

Angewandte Substanz	3,6565	Grm.
Quarz	0,010	»
Abnahme nach der Reduction	1,0410	»
Schwefelantimon aus den Vorlagen . .	0,00075	»
BaO, SO_3 aus dem reducirten Antimon = 0,006 Grm. = Schwefel	0,00083	»

Danach sind enthalten in 100 Theilen Schwefelantimon:
71,443 Proc. Antimon und
28,557 » Schwefel.

III. Versuch.

Dauer der Reduction 3 Stunden, also bedeutend weniger als bei den anderen Versuchen.

Angewandte Substanz	4,1835	Grm.
Quarz	0,0250	»
Gewichts-Abnahme nach der Reduction	1,1820	»
Schwefelantimon aus den Vorlagen . .	0,0020	»
BaO, SO_3 aus dem reducirten Antimon = 0,0325 Grm., Schwefel	0,0045	»

Danach sind enthalten in 100 Theilen Schwefelantimon:
71,499 Proc. Antimon und
28,501 » Schwefel.

IV. Versuch.

Dauer der Reduction $5\frac{1}{2}$ Stunden.

Angewandte Substanz	5,2305	Grm.
Quarz	0,0200	»
Gewichts-Abnahme nach der Reduction	1,4865	»
Schwefelantimon aus den Vorlagen . .	0,0005	»
BaO, SO_3 aus dem reducirten Antimon = 0,012 Grm., d. h. Schwefel . . .	0,00165	»

Danach sind enthalten in 100 Theilen Schwefelantimon:
71,446 Proc. Antimon und
28,554 » Schwefel.

V. Versuch.

Dauer der Reduction $6\frac{1}{2}$ Stunden.

Angewandte Substanz	6,2345	Grm.
Quarz	0,0215	»
Gewichts-Abnahme nach der Reduction	1,7710	»
Schwefelantimon aus den Vorlagen . .	0,0010	»
BaO, SO_3 aus dem reducirten Antimon = 0,017 Grm., also Schwefel . . .	0,00235	»

Danach sind enthalten in 100 Theilen Schwefelantimon:

71,468 Proc. Antimon und
28,532 » Schwefel.

VI. Versuch.

Dauer der Reduction 8 Stunden.

Angewandte Substanz	7,3310	Grm.
Quarz	0,0270	»
Gewichts-Abnahme nach der Reduction	2,0770	»
Schwefelantimon aus den Vorlagen	Unwägbare Menge	
BaO, SO_3 aus dem reducirten Antimon = 0,0255 Grm., also Schwefel . . .	0,0035	Grm.

Danach sind enthalten in 100 Theilen Schwefelantimon:

71,515 Proc. Antimon und
28,485 » Schwefel.

VII. Versuch.

Dauer der Reduction 8 Stunden.

Angewandte Substanz	8,1455	Grm.
Quarz	0,0300	»
Gewichts-Abnahme nach der Reduction	2,3065	»
Schwefelantimon aus den Vorlagen . .	0,0005	»
BaO, SO_3 aus dem reducirten Antimon = 0,044 Grm., also Schwefel . . .	0,00607	»

Danach sind enthalten in 100 Theilen Schwefelantimon:

71,508 Proc. Antimon und
28,492 » Schwefel.

VIII. Versuch.

Dauer der Reduction $11\frac{1}{2}$ Stunden.

Angewandte Substanz	10,6245	Grm.
Quarz	0,0870	»
Gewichts-Abnahme nach der Reduction	2,9945	»
Schwefelantimon aus den Vorlagen .	0,00125	»
BaO, SO_3 aus dem reducirten Antimon = 0,054 Grm., also Schwefel . . .	0,0075	»

Danach sind enthalten in 100 Theilen Schwefelantimon:
71,519 Proc. Antimon und
28,481 » Schwefel.

Die Resultate in übersichtlicher Zusammenstellung sind also folgende:

I.	71,441	Proc.	Antimon	und	28,559	Proc.	Schwefel
II.	71,443	»	»	»	28,557	»	»
III.	71,499	»	»	»	28,501	»	»
IV.	71,446	»	»	»	28,554	»	»
V.	71,468	»	»	»	28,532	»	»
VI.	71,515	»	»	»	28,485	»	»
VII.	71,508	»	»	»	28,492	»	»
VIII.	71,519	»	»	»	28,481	»	»
Mittel:	71,480	Proc.	Antimon	und	28,520	Proc.	Schwefel.

Es berechnet sich daraus das Aequivalent des Antimons zu 1503,80, oder zu 120,3 für H = 1.

Obschon ich allen Grund habe anzunehmen, dafs diese Zahl der Wahrheit bis auf eine geringe Abweichung angenähert ist, so mag ich doch die vorstehende Versuchsreihe noch nicht als völlig abgeschlossen betrachten. Bei einer näheren Vergleichung der Resultate der einzelnen Versuche zeigt sich, dafs, abgesehen von Versuch III, mit steigender Menge des zur Reduction gebrachten Schwefelantimons der Gehalt desselben an Antimon höher (und der an Schwe- entsprechend niedriger) gefunden wurde. Es scheint ein geringen Fehler hinzudeuten, der bei sämmt- (vielleicht mit Ausnahme von Versuch III) der sich bis jetzt der Beobachtung

ntzogen hat. Wahrscheinlich wird es möglich seyn, durch Reduction bedeutend gröfserer Mengen Schwefelantimons, als bei den bisherigen Versuchen zur Anwendung kamen (vielleicht 20 bis 30 Grammen), diesen Fehler bis zur Sichtbarkeit zu vergröfsern und ihm dann in geeigneter Weise zu begegnen. Ich behalte mir vor, diese zeitraubenden Versuche in der Folge auszuführen und das Resultat gelegentlich mitzutheilen. Bedeutend kann der Fehler, um den es sich handelt, keinenfalls seyn, dafür spricht schon die geringe Schwankung (im höchsten Falle 0,078 Proc.) in den Resultaten der obigen Versuchsreihe. Es wird also für jetzt und bis wir der Wahrheit nachweislich noch näher gekommen sind, das Aequivalent des Antimons unbedenklich zu 1503,8 oder (da in dieser Höhe der Zahlen auf Decimalstellen nicht der geringste Werth zu legen ist) zu 1504 angenommen und diese Zahl bei den betreffenden Berechnungen zu Grunde gelegt werden dürfen.

Die bedeutende Abweichung dieser Zahl von derjenigen, die bisher für das Aequivalent des Antimons gegolten hat, — (es handelt sich um eine Differenz von mehr denn 100 Ganzen für O = 100, oder um fast 9 sogenannte Wasserstoffeinheiten) — zieht eine erhebliche Aenderung in unseren Annahmen über die procentische Zusammensetzung sämmtlicher Antimonverbindungen nach sich. Dabei erweisen sich zahlreiche analytische Angaben aus früherer und neuerer Zeit, die zu den bisherigen theoretischen Voraussetzungen mit auffallender Genauigkeit stimmten, als unrichtig, — andere, die fehlerhaft zu seyn schienen, rücken in die Zahl der richtigen Bestimmungen ein. Dafs unter den letzteren sich solche befinden, die aus H. Rose's Meisterhand hervorgegangen sind, gilt mir als eine Bestätigung dafür, dafs das von mir aufgestellte Antimon-Aequivalent sich von der Wahrheit wenigstens nicht weit entfernt. Das *Rothspiefsglanzerz* enthielt nach den bisherigen Voraussetzungen 76,25 Proc. Antimon; das Aequivalent zu 1504 gesetzt, enthält es nur 75,04 Proc. H. Rose's Analyse hatte 75,06 Proc. ergeben. — Die Zusammensetzung des *Chlorantimons* ($SbCl^3$)

nahm man bisher an zu 54,85 Proc. Antimon und 45,15 Proc. Chlor; das neue Antimon-Aequivalent verlangt 53,07 Proc. Antimon und 46,93 Proc. Chlor. H. Rose fand 53,27 Proc. Antimon und 46,73 Proc. Chlor. — Im *Fünffach Chlorantimon* ($SbCl_5$) nahm man bisher an 42,16 Proc. Antimon und 57,84 Proc. Chlor; das jetzige Antimon-Aequivalent verlangt 40,43 Proc. Antimon und 59,57 Proc. Chlor. H. Rose fand die Zusammensetzung zu 40,56 Proc. Antimon und 59,44 Proc. Chlor.

In einer vor einigen Jahren veröffentlichten Arbeit über antimonsauren Salze hat Hefter [1]) auf Grund zahlreicher Analysen die Ansicht aufgestellt, dafs diese Salze im Allgemeinen nach dem Schema $MO, HO + 12(MO, SbO_5 + nHO)$ zusammengesetzt seyen, worin M das positive Metall und n die Zahl der Wasseraequivalente bedeutet. Das Verhältnifs von 13 Aequivalenten Basis zu 12 Aequivalenten Säure war indefs so sehr ungewöhnlich, der Analogien so gänzlich entbehrend, dafs die Hefter'schen Angaben von den Chemikern mit einigem Mifstrauen aufgenommen wurden. Wie sich jetzt zeigt, trifft Hefter keineswegs der Vorwurf ungenauen Arbeitens, sondern der weit leichtere, aus seinen guten und gewifs genauen Analysen nur unter der Voraussetzung eines unrichtigen Antimon-Aequivalentes und mit einer fast ängstlichen Gewissenhaftigkeit Formeln von unwahrscheinlicher Gestalt hergeleitet zu haben. Berechnet man nämlich die procentische Zusammensetzung der antimonsauren Salze nach dem Schema $MO, SbO_5 + nHO$ und unter Zugrundelegung des neuen Antimon-Aeqivalentes, so ergeben sich Zahlen, denen die von Hefter erhaltenen bis auf einen Grad angenähert sind, mit dem man sich bei Analysen dieser Art zu begnügen pflegt. Dafs die Uebereinstimmung nicht sehr grofs ist, kann kaum befremden, da der Darstellung der antimonsauren Salze im ganz reinen Z[illegible]e Schwierigkeiten entgegenstehen, die sich bis jetzt [illegible]ig haben beseitigen lassen. Fast alle von Hefft[illegible]ten Salze, selbst die gut krystallisirten, haben

[1]) [illegible], S. 418.

etwas Natron enthalten, von dem es zweifelhaft bleibt, ob es unter der Form des krystallisirten antimonsauren Natrons ($NaO, SbO_5 + 7HO$) oder unter einer anderen in die Zusammensetzung jener Salze eingegangen war. Diesen Umstand, durch den natürlich die Schärfe der Resultate beeinträchtigt werden mufste, mit in Betracht gezogen, ist aller Grund vorhanden, die von Hefter untersuchten Salze als neutrale antimonsaure Salze anzusprechen, zumal sich das Verhältnifs des Sauerstoffgehaltes der Basis zu dem der Säure in den meisten Fällen sehr nahe $= 1 : 5$ berechnet.

Es ändern sich demnach die von Hefter aufgestellten Formeln in folgende um:

$KO\ (NaO), \quad SbO_5 + 7HO;$
$BaO\ (SrO), \quad SbO_5 + 6HO;$
$MgO\ (CoO, NiO), \quad SbO_5 + 12HO.$

Die Formel des Kalisalzes ist dieselbe, die schon vor längerer Zeit von Fremy [1]) dafür aufgestellt worden ist, freilich nur auf Grund einer Wasserbestimmung, bei der 22 Proc. anstatt der theoretisch geforderten 23,3 Proc. Wasser gefunden wurden. — Für das Kalksalz hat Hefter 5 Aequivalente Wasser angegeben, — ein Werth, der neben den 6 Aequivalenten des Baryt- und Strontiansalzes etwas auffallend erscheint und dessen Richtigkeit wohl noch der weiteren Bestätigung bedarf.

Es möge schliefslich hier die Bemerkung Platz finden, dafs das arithmetische Mittel (945) aus dem neuen Antimon-Aequivalente und dem des Phosphors (387,5 nach Schrötter) dem Aequivalente des Arseniks (937,5 nach Pelouze) sehr nahe liegt. Es scheint hiernach, als wenn zwischen diesen 3 Aequivalenten eine ähnliche Beziehung bestehe, wie sie z. B. zwischen denen des Calciums, Strontiums und Baryums oder denen des Chlors, Jods und Broms stattfindet.

Berlin, im April 1856.

1) Journal f. pract. Chemie Bd. 45, S. 212.

XII. *Neue Volta'sche Batterie.*

Der *Cosmos No. X* dieses Jahres (*T. VIII, p.* 253) enthält, nach der Angabe dreier Lyoner Zeitungen eine, wie er selbst gesteht, etwas unverständliche Beschreibung einer neuen Volta'schen Batterie, als deren Erfinder die HH. Lacassagne und Thiers genannt werden. Dieselbe gehört zur Klasse der trocknen Säulen, indem darin die wäfsrigen Flüssigkeiten durch geschmolzene Salze ersetzt sind. Ein Element derselben besteht aus zwei concentrischen Tiegeln, von denen der innere offenbar poröse seyn mufs. Dieser innere enthält ein Aluminiumsalz, der äufsere dagegen Chlornatrium. In ersteren wird aufserdem ein Kohlencylinder und in letzteren ein (vermuthlich hohler, den kleineren Tiegel einschliefsender) Eisencylinder gestellt. Das Ganze wird dann bis zur Rothgluht erhitzt, damit die Salze in Fluſs kommen. Wenn, nachdem diefs geschehen ist, Kohle und Eisen durch einen Leiter verbunden werden, entsteht ein starker elektrischer Strom und zugleich scheidet sich an der Kohle Aluminium aus. Es wird gesagt, daſs man bei einem Versuch, nach dem Apparat zwei Stunden lang im Feuer gewesen und darauf erkalten gelassen war, beim Zerschlagen des Tiegels einen schönen Regulus von Aluminium am Boden desselben vorgefunden habe.

XIII. *Mittheilungen zur Bestätigung des von Hrn. R. Fritsch gelieferten Nachweises einer säculären Aenderung der Luft-Temperatur; von Dr. K. G. Zimmermann.*

Als ich im Jahre 1845 meine Schrift: »Hamburgs Klima, Witterung und Krankheits-Constitution« [1]) schrieb, und für diesen Zweck die mittleren Temperaturen aus der Summe der Beobachtungen von 1832 bis 1843 berechnete, fiel mir auf, eine niedrigere Jahres-Temperatur gefunden zu haben, als sie von Dr. H. W. Buek in seiner Schrift: »Hamburgs Klima und Witterung«, Hamburg 1826, angegeben war; denn während Buek aus der Beobachtungsreihe vom Jahre 1807 bis 1824 die mittlere Temperatur Hamburgs zu + 7°,12 R. berechnet hatte, erhielt ich nur + 7°,09 R.

Dieſs bestimmte mich im Jahre 1850 die ganze Beobachtungsreihe vom Jahre 1807 bis 1849 noch einmal durchzurechnen, und ich fand zu meiner Ueberraschung die Mittel-Temperatur der Beobachtungsreihe von 43 Jahren wieder, wenn auch nur um ein Geringes niedriger; nämlich + 7°,03. Ich halbirte daher die Beobachtungsreihe, und erhielt für die Jahre von 1807 bis 1828 als Mittel-Temperatur + 7°,15; aus den Beobachtungen von 1829 bis 1849 nur + 6°,92. Ich fand auch bei dieser Gelegenheit, daſs besonders der Winter kälter geworden sey; nämlich: die Mittel-Temperatur des Winters war von 1807 bis 1828: + 0°,25; von 1829 bis 1850: — 0,02. Auch die Mittel-Temperatur des Sommers erwies sich in der letzten Hälfte geringer; denn sie war von 1807 bis 1828: + 14°,15; von 1829 bis 1849: + 13°,99. Diese Wahrnehmung und die Resultate verschiedener Berechnungen theilte ich der hiesigen naturwissenschaftlichen Gesellschaft mit, und sprach damals schon, in einem Vortrage, den ich über die Witterungsverhältnisse unserer Gegend hielt, die Vermuthung aus, daſs unser

1) Hamburg 1846, bei Perthes, Besser und Mauke.

Klima allmählich etwas kälter zu werden scheine; obwohl wir gegenwärtig noch keine Ursache dieser Erniedrigung aufzufinden vermögten.

Seitdem hat Hr. R. Fritsch in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie [1]) eine *periodische Aenderung der Luft-Temperatur* nachgewiesen, und zwar, dafs gleichfalls die mittlere Temperatur seit mehreren Decennien zu Wien, Mailand, Kremsmünster, Hohen-Peifsenberg, Regensburg, Prag, Berlin und St. Petersburg, in steter, wenn auch langsamer und nicht überall gleicher Abnahme begriffen sey. Er nimmt an, dafs dieser Abnahme eine eben solche Zunahme vorausgegangen sey, und dafs die Temperatur jetzt wieder zu steigen scheine; — und gelangte ferner durch eine Reihe anderer Zusammenstellungen zu dem Resultate, dafs die höchsten Temperaturen mit jenen (um 11,11 von einander entfernt liegenden) Jahren zusammenfallen, in welchen, nach Rudolf Wolf in Bern, die Sonnenflecken am kleinsten sind, und dafs die Temperatur mit Zunahme der Sonnenflecken von ihrem Maximum an um jährlich 0°,4 R. sinke, mit dem Abnehmen derselben vom Maximum an jährlich wieder eben so viel steige, und dafs diese Ab- und Zunahme der Mittel-Temperatur einen Zeitraum von 11 Jahren umfasse. — Zu einem ähnlichen, wenn auch nicht ganz übereinstimmenden Resultate führten Hrn. Schwabe's in Dessau Zusammenstellungen der Zeitperioden der Sonnenflecken, rücksichtlich ihrer Zu- und Abnahme, im Vergleich mit den herrschenden Getreidepreisen, die in gewisser Hinsicht als zusammenfallend mit kalten und warmen Jahren betrachtet werden können.

Wenn nun auch die Sonnenflecken, wie Ch. H. F. Peters Messungen ergeben zu haben scheinen, nicht als constante feststehende Erscheinungen betrachtet werden können; auch der Zeitraum ihrer Zu- und Abnahme nicht gleich lang zu seyn, sondern zwischen 9 und 11 Jahren zu schwanken scheint, so scheint doch die Thatsache einer säcularen

1) 1852 Bd. IX, S. 902 bis 911. 1853 Bd. XI, S. 499 bis 504, S. 773 bis 774.

Aenderung der Luft-Temperatur unbestreitbar, da solche bereits an so verschiedenen Orten wahrgenommen worden ist.

Jene Mittheilungen veranlafsten mich neuerdings meine Rechnungen wieder aufzunehmen, und erlaube ich mir, um auch von hier aus einen Beitrag von jenen Wahrnehmungen zu liefern, das Ergebnifs derselben den Physikern und Meteorologen vorzulegen. Damit man aber einen Maafsstab der Zuverlässigkeit derselben habe, mufs ich einige kurze Bemerkungen darüber voranschicken. Ich habe es nämlich vorgezogen, die mittleren Temperaturen aus dem täglichen höchsten und niedrigsten Thermometerstande zu berechnen, um eine möglichst genaue Uebereinstimmung meiner Beobachtungen mit denen früherer Beobachter zu erzielen. Die Mittel-Temperaturen der Jahre 1807 bis 1824 sind vom Dr. Buek, einem äufserst gewissenhaften und kritisch genauen Beobachter. Derselbe fand, dafs die um 8 Uhr Morgens und 2 Uhr Nachmittags vom Dr. Willerding angestellten Thermometer-Beobachtungen, nach der Formel $m = \frac{2a+b}{3} = \frac{c+d}{2}$ berechnet, genau übereinstimmten mit dem Mittel des täglichen Maximum und Minimum des Thermometrographen. Nach diesen Berechnungen erhielt Dr. Buek für Hamburg als Mittel-Temperatur der Jahre 1807 bis 1824: + 7°,12 R.

Die Mittel-Temperatur der Jahre 1825 bis 1831 habe ich aus den Angaben der HH. Harris und Campbell berechnet, welche ihre, vermittelst eines Six'schen Thermometrographen gewonnenen Beobachtungen in den hiesigen Zeitungen mitgetheilt haben. Die Temperaturen der Jahre 1832 bis 1855 wurden von mir selbst beobachtet, mit Hülfe eines Campbell'schen Thermometrographen, der 6 Fufs über dem Erdboden und 40 Fufs über dem mittleren Wasserstande der Elbe, an einer hölzernen Wand, vor Sonne und Wind geschützt, aufgehängt ist; ihm zur Seite hängt ein Lohse'sches Quecksilberthermometer als Controleur. Aufserdem wurden die Angaben meines Ther-

mometrographen mit denen von Campbell täglich verglichen, und wenn sich kleine Abweichungen zeigten, das Mittel der verschiedenen Beobachtungen notirt. Jene ersten wie die letzteren Beobachtungen bilden das Material für die nachfolgenden Berechnungen.

Wenn zwar schon Buek's Berechnungen ergeben hatten, dafs das Mittel des Maximum und Minimum der Temperatur der wahren Mitteltemperatur sehr nahe kommt, so lag mir doch daran, den Unterschied selbst kennen zu lernen. Zu diesem Zwecke benutzte ich die Temperatur-Beobachtungen eines sehr aufmerksamen Beobachters auf dem Lande, welcher während der Jahre 1846 bis 1849 den Stand des Thermometers des Morgens bei Sonnenaufgang, Mittags um 2 Uhr und Abends bei Sonnenuntergang notirt hatte. Diese Beobachtungen wurden von mir nach der von Hrn. A. v. Humboldt [1]) angegebenen Methode so berechnet, dafs ich dadurch die Mittel-Temperatur jedes Tages erhielt, und aus der Summe aller Mittel-Temperaturen der vier Jahre berechnete ich dann die monatliche und endlich die Mittel-Temperatur des Jahres. Mit diesem wurden die aus dem Maximum und Minimum jeden Tages derselben Jahre erlangten Mittel-Temperaturen verglichen. Das Ergebnifs war folgendes:

Mittel der Beobachtungen auf dem Lande von 1846 bis 1849.

im Januar	Februar	März	April	Mai
− 3°,963	+ 1°,313	+ 3°,929	+ 6°,340	+ 10°,828
Juni	**Juli**	**August**	**September**	**October**
+ 13°,677	+ 14°,922	+ 14°,816	+ 10°,409	+ 7°,7
	November	**December**	**M. T. des Jahres.**	
	+ 3°,928	− 1°,419	+ 6°,873.	

Mittel des täglichen Maximum und Minimum des Thermometrographen von 1846 bis 1849.

im Januar	Februar	März	April	Mai
− 4°,008	+ 1°,13	+ 3°,47	+ 5°,79	+ 10°,61
Juni	**Juli**	**August**	**September**	**October**
+ 13°,59	+ 14°,79	+ 14°,85	+ 11°,34	+ 7°,191
	November	**December**	**M. T. des Jahres.**	
	+ 3°,04	− 1°,594	+ 6°,634.	

[1]) ere Schriften, I. Bd. S. 230 — 233.

Die Beobachtungen auf dem Lande ergaben also eine höhere Temperatur von 0°,219.

Um mich ferner zu überzeugen wie grofs der Irrthum seyn würde, wenn die mittlere Jahres-Temperatur nur aus dem täglichen Maximum und Minimum berechnet werde, habe ich in den letzten beiden Jahren 1854 und 1855 die tägliche mittlere Temperatur nach des Hrn. v. Humboldt's Vorschlag, nach der Dauer der Temperaturen, oder nach der in Zeit ausgedrückten Entfernung des Maximum aus dem höchsten und niedrigsten Thermometerstande berechnet: nämlich:

$$\frac{\frac{\text{Minim.} + \text{Maxim.}}{2} \times h.\,t.\,\text{mat.} + \frac{\text{Maxim.} + \text{Minim.}}{2} \times h.\,t.\,\text{vesp.}}{24} = \text{M. T.}$$

Das Resultat war, im Vergleich zu den durch einfache Halbirung des Maximum und Minimum gewonnenen Mittel-Temperaturen, im Allgemeinen gleichfalls wenig abweichend von letzteren; obwohl einzelne Monate nicht unerhebliche Differenzen zeigen:

Mittel-Temperaturen nach Correction mit Rücksicht auf die Dauer der Temperatur.

	Januar	Februar	März	April
1854:	− 0°,273	+ 0°,940	+ 3°,167	+ 6°,077
1855:	− 2°,638	− 6°,714	− 0°,31	+ 4°,335

	Mai	Juni	Juli	August
1854:	+ 10°,204	+ 12°,805	+ 14°,826	+ 13°,486
1855:	+ 7°,652	+ 12°,121	+ 13°,479	+ 13°,755

	September	October	November	December
1854:	+ 10°,915	+ 6°,489	+ 0°,631	+ 1°,489
1855:	+ 10°,038	+ 7°,93	+ 0°,995	− 3°,075

M. T. des Jahres

1854: + 6°,729

1855: + 4°,797

Mittel-Temperaturen aus der halben Summe der Maxima und Minima.

	Januar	Februar	März	April
1854:	− 0°,742	+ 0°,196	+ 3°,129	+ 6°,116
1855:	− 2°,475	− 6°,848	− 0°,346	+ 4°,316

	Mai	Juni	Juli	August
1854:	+ 10°,22	+ 12°,48	+ 14°,822	+ 13°,516
1855:	+ 7°,59	+ 12°,191	+ 13°,492	+ 13°,742

	September	October	November	December
1854:	+ 10°,908	+ 6°,572	+ 0°,675	+ 1°,395
1855:	+ 10°,083	+ 7°,984	+ 1°,066	− 3°,113

M. T. des Jahres.

1854: + 6°,607

1855: + 4°,807

Ziehen wir das Mittel aus beiden Beobachtungsreihen, so erhalten wir nach der ersten Methode + 5°,763, nach der zweiten + 5°,707, also einen Unterschied von 0°,056 für beide Jahre zusammen.

Da das Jahr 1855 ein ungewöhnlich kaltes, für unsere Gegend das kälteste seit Menschengedenken war, so will ich mir erlauben zur Vergleichung die von Dr. Buek berechneten Mittel-Temperaturen der Jahre 1807 bis 1824 hiebei anzuführen.

Januar	Februar	März	April	Mai
− 0°,89	+ 1°,07	+ 2°,69	+ 6°,54	+ 11°,04

Juni	Juli	August	September	October
+ 13°,40	+ 14°,50	+ 14°,39	+ 11°,19	+ 7°,14

November	December	M. T. des Jahres
+ 3°,66	+ 0°,78	+ 7°,12.

Da Hamburg unter 53° 33′ N. Breite und 7° 38′ O. Länge von Paris, oder 27° 38′ O. Länge von Ferro liegt, so müfste die Mittel-Temperatur nach der Isotherm-Curve + 7°,4 seyn.

Vergleichen wir, um wieder zu dem eigentlichen Gegenstande dieser Arbeit zurückzukehren, mit jenem von Buek gewonnenen Resultate die Temperaturen seit dem Jahre 1824, so zeigt sich eine Erniedrigung der Temperatur fast aller Monate, mit Ausnahme der Herbstmonate. Die Mittel-Temperaturen der Jahre 1825 bis 1855 ergaben nämlich:

Januar	Februar	März	April	Mai
− 1°,339	+ 0°,121	+ 2°,818	+ 6°,297	+ 10°,171

Juni	Juli	August	September	October
+ 13°,149	+ 14°,489	+ 14°,115	+ 11°,623	+ 7°,539

November	December	M. T. des Jahres
+ 2°,879	+ 0°,573	+ 6°,828.

Es ergiebt sich also seit dem Jahre 1824 eine Erniedrigung der Temperatur um 0°,292, und besonders scheinen Winter und Frühling, so wie zwar nur wenig, auch der Sommer kälter, der Herbst aber ein höchst geringes wärmer geworden zu seyn, wie folgende Zusammenstellung zeigen wird:

	Mittel-Temperaturen des			
	Winters	Frühlings	Sommers	Herbstes
von 1807 bis 1824:	+ 0°,26	+ 6°,72	+ 14°,09	+ 7°,33
» 1825 » 1855:	− 0°,215	+ 6°,256	+ 13°,918	+ 7°,347.

Die Abnahme der Wärme unserer Gegend wird noch deutlicher, wenn wir die ganze Beobachtungsreihe der Temperaturen von 1807 bis 1855 halbiren; wir erhalten dann nämlich:

von 1807 bis 1830 eine Mittel-Temperatur von + 7°,10
» 1831 » 1855 » » » + 6°,77.

Aus obigen Zusammenstellungen geht also hervor, dafs die Mittel-Temperatur Hamburgs jetzt niedriger angenommen werden mufs, als sie von Buek bis zum Jahre 1824 gefunden wurde; auch wenn man die kleine Differenz hinzurechnen wollte, welche durch Interpolation oder andere Correctionen gefunden wurde. Unser Klima scheint also kälter geworden zu seyn. Es kommt nun aber darauf an, zu ermitteln, ob diese Abnahme der Temperatur eine constante sey, oder ob sich Perioden der Ab- und Zunahme nachweisen lassen. Es ist hiebei nur zu bedauern, dafs wir keine frühere und längere Beobachtungsreihe von einiger Zuverlässigkeit besitzen, als die von 1807 bis 1855. Theilen wir diese aber in zehnjährige Perioden, so ergiebt sich folgendes Verhältnifs, nämlich:

von 1807 bis 1815 war die Mittel-Temperatur + 6°,81
» 1816 » 1825 » » » + 7°,62
» 1826 » 1835 » » » + 7°,23
» 1836 » 1845 » » » + 6°,78
» 1816 » 1855 » » » + 6°,38.

Es zeigt diese Zusammenstellung also von 1816 bis 1825 eine beträchtliche Zunahme der Temperatur, von 1826 an jedoch eine ziemlich regelmäfsige Abnahme derselben um durchschnittlich 0°,4; also genau so viel, als von Fritsch angenommen worden ist.

Fritsch bringt diese säculare Abnahme der Temperatur mit den von Rudolf Wolff gefundenen elfjährigen Perioden der Zu- und Abnahme der Sonnenflecken in causalen Zusammenhang. Diese Ansicht erhält in sofern scheinbar einige Bestätigung dadurch, dafs die Temperaturen in den aufeinander folgenden elfjährigen Perioden wechseln. Theilt man nämlich die obige Beobachtungsreihe in elfjährige Abschnitte, so erhält man:

für die J. von 1811 bis 1821 eine Mittel-Temp. von + 7°,19
» » » » 1822 » 1832 » » » + 7°,29
» » » » 1833 » 1843 » » » + 7°,16
» » » » 1844 » 1854 » » » + 6°,47.

Auch diese Zusammenstellung zeigt gleichfalls eine regelmäfsige Abnahme der Temperatur. Aufserdem, im Vergleich mit der obigen zehnjährigen, geht noch beiläufig daraus hervor, wie wenig zuverlässig kleine Beobachtungsreihen sind, um die Mittel-Temperatur eines Ortes zu bestimmen. Denn einzelne sehr warme oder sehr kalte Jahre ändern wesentlich die zu suchenden Werthe, und solche Abweichungen von der mittleren Temperatur finden an jedem Orte von Jahr zu Jahr statt.

Jene elfjährige Perioden zählen von dem Jahre, welches die geringste Zahl der Sonnenflecken darbot, bis zu dem Zeitpunkte, wo dieses Minimum gleichfalls wieder einzutreten pflegte; sie umfassen also das Maximum und Minimum der Sonnenflecken. Sie erklären also weder den Wechsel noch die constante Abnahme der Temperatur. Es dürfte

deshalb zweckmäfsiger seyn, die Beobachtungsreihe nach Schwabe in fünfjährige Abschnitte zu theilen, welche abwechselnd die an Sonnenflecken reiche und an Sonnenflecken arme Perioden darstellen; nämlich:

Perioden der Jahre,	und der Sonnenflecken	mittlere Temperatur in Hamburg.
von 1807 bis 1810,	Sonnenflecken reich	+ 6°,81
» 1811 » 1815	» arm	+ 6°,80
» 1816 » 1820	» reich	+ 7°,12
» 1821 » 1825	» arm	+ 7°,72
» 1826 » 1830	» reich	+ 6°,94
» 1831 » 1835	» arm	+ 7°,51
» 1836 » 1840	» reich	+ 6°,68
» 1841 » 1845	» arm	+ 6°,93
» 1846 » 1850	» reich	+ 6°,72
» 1851 » 1855	» arm	+ 6°,40.

Wenn diese Eintheilung auch allerdings einigen Wechsel der Temperaturen und ein Zusammentreffen derselben mit der Zu- und Abnahme der Sonnenflecken anzudeuten scheint, so findet dieſs weder in den beiden ersten, noch in den letzten Quinquennien statt, und noch weniger wird dadurch die fortschreitende Verminderung der mittleren Wärme erklärt. Indessen scheint es doch, als wenn die Sonnenflecken einigen Einfluſs auf den Gang der mittleren Temperatur ausüben, wenn man versucht, dieſs durch parallele Linien zu versinnlichen, welche nach der Zu- und Abnahme beider in fünfjährigen Perioden gezogen werden, wie ich es hier vom Jahre 1826 bis 1855 versucht habe:

(a) Curve der mittleren Zahl der Sonnenflecken-Gruppen	von 1826 bis 1830	von 1831 bis 1835	von 1836 bis 1840	von 1841 bis 1845	von 1846 bis 1850	von 1851 bis 1855	(b) Curve der mittleren Temperatur in Hamburg
74 Gruppen							+ 7°,51
98 »	(b)						6 ,94
178 »	(a)						6 ,93
234 »					(a)		6 ,72
240 »							6 ,68
						(b)	6 ,40

Das Zusammentreffen der Vermehrung und Verminderung der Sonnenflecken mit der Ab- und Zunahme der Temperatur, wie diese Zeichnung es darstellt, ist allerdings sehr merkwürdig, und würde noch mehr von Bedeutung seyn, wenn es constant wäre. Dieſs ist es aber nicht in allen Quinquennien, wie ich glaube oben dargethan zu haben; noch weniger trifft jenes Zusammentreffen in allen Jahren zu. Das Maximum und Minimum der Temperatur folgt entweder dem Maximum und Minimum der Sonnenflecken, oder geht diesem ein oder ein Paar Jahre voraus, wie sich aus nachfolgender Zusammenstellung ergeben wird:

Jahre	Zahl der im Jahre beobachteten Gruppen von Sonnenflecken.		Zahlen der flecken-freien Tage im Jahr.	Mittel-Temperatur in Hamburg.	
1826	118		22	+ 7°,20	
1827	161		2	7 ,0	
1828	225	Max.	0	7 ,40	
1829	199		0	5 ,43	Min.
1830	190		1	7 ,70	
1831	149		3	7 ,64	
1832	81		49	6 ,71	
1833	33	Min.	139	7 ,33	
1834	51		120	8 ,59	Min.
1835	173		18	7 ,28	

Jahre.	Zahl der im Jahre beobachteten Gruppen von Sonnenflecken.	Zahlen der flecken-freien Tage im Jahr.	Mittel-Temperatur in Hamburg.
1836	272	0	6 ,82
1837	333 Max.	0	6 ,63
1838	282	0	5 ,89 Min.
1839	162	0	6 ,98
1840	152	3	6 ,90
1841	102	15	7 ,82 Max.
1842	68	64	7 ,33
1843	34 Min.	149	7 ,28
1844	52	111	6 ,10
1845	114	29	6 ,11
1846	147	1	7 ,74
1847	257	0	6 ,16 Min.
1848	330 Max	0	6 ,51
1849	328	0	6 ,83
1850	186	2	6 ,66.

Wie also aus dieser 25jährigen Beobachtungsreihe hervorgeht, dafs die Extreme der Sonnenflecken-Gruppen und der Luft-Temperatur nicht in denselben Jahren auf gleiche Weise zusammentreffen, so wird man zu dem Schlufs genöthigt, dafs jene nicht die einzige Ursache der Abnahme der mittleren Wärme seyn können, dafs daher besonders die säculare Abnahme der Temperatur durch andere, bis jetzt noch unbekannte Ursachen bewirkt werde.

Um indessen zu erforschen, ob der Mondzirkel vielleicht von Einflufs darauf sey, da bekanntlich die Mondphasen alle 19 Jahre auf dasselbe Datum fallen, oder der Mondlauf auf demselben Datum mit dem Sonnenstande zusammenfällt, so habe ich die Mittel-Temperatur nach dem 19jährigen Mondzirkel auf verschiedene Weise berechnet, aber auch auf diesem Wege kein anderes Resultat erzielt, als dasjenige, welches aus den früheren Berechnungen hervorging: dafs nämlich nach einer Zunahme der Temperatur in

den ersten Decennien, wieder Abnahme derselben folgte. So war z. B. die Mittel-Temperatur:

von	1807	bis	1825:	+ 7°,13
»	1826	»	1844:	7°,05
»	1845	»	1855:	6°,35
oder von	1807	»	1817:	6°,83
»	1818	»	1836:	7°,38
»	1837	»	1855:	6°,57

und andere 18jährige Berechnungen ergaben dasselbe Resultat. Interessant jedoch ist eine Berechnung in 19jährigen Perioden, weil sich dadurch wieder ein Wechsel der Temperaturen herausstellt, welcher wenigstens dahin zu deuten scheint, als ob doch wohl der Mondzirkel von Einfluſs auf die Temperatur-Aenderung seyn mögte. Die mittlere Temperatur war nämlich:

von	1807	bis	1815:	+ 6°,81
»	1816	»	1824:	7°,42
»	1825	»	1833:	7°,10
»	1834	»	1842:	7°,13
»	1843	»	1851:	6°,64.

Es gehören unzweifelhaft längere Beobachtungsreihen dazu, als mir zu Gebot stehen, um die Ursache der nachgewiesenen säcularen Erniedrigung der Temperatur zu erforschen. Denn daſs eine solche stattgefunden hat, glaube ich, geht aus meinen sowohl, wie besonders aus den Mittheilungen von Fritsch hervor; und zwar scheint für unsere Gegend die Abnahme der mittleren Luft-Temperatur mit dem Jahre 1836 begonnen zu haben.

Wie ich schon oben angeführt habe, sind es vorzüglich die Winter- und Frühlings-Monate, deren mittlere Wärme sich vermindert hat. Seit dem Jahre 1836 scheinen aber insbesondere die Winter nicht nur kälter geworden, sondern auch von längerer Dauer gewesen zu seyn. Ich erlaube mir deshalb über die Winter noch einige Bemerkungen mitzutheilen.

Die Mittel-Temperatur der drei Winter-Monate December und Februar war in zehnjährigen Abschnitten:

von 1807 bis 1816: — 0°,23
» 1817 » 1826: + 0°,98
» 1827 » 1836: — 0°,18
» 1837 » 1846: — 0°,08
» 1847 » 1856: — 0°,72.

Nicht ganz, aber doch theilweise übereinstimmend mit dieser Darstellung der allmählichen Temperatur-Erniedrigung der Wintermonate ist die Zahl, der in jenen Decennien vorgekommenen strengen Winter. Denn wir hatten:

von 1806 bis 1816 4 strenge Winter
» 1816 » 1826 3 » »
» 1826 » 1836 4 » »
» 1836 » 1846 3 » »
» 1846 » 1856 6 » »

Der Begriff eines strengen Winters ist zwar etwas unbestimmt; da jedoch Buek die mittlere Temperatur des Winters zu + 0°,26 angenommen hat, und sie auch jetzt wohl nicht unter 0° R. angenommen werden kann, so glaubte ich die Winter, deren Temperatur merklich unter 0° gesunken, oder deren Ueberschufs der Temperatur negativ war, als strenge Winter bezeichnen zu dürfen. Einen etwas bestimmteren Maafsstab für die Strenge des Winters würde man erlangen, wenn man allein die negativen Temperaturen zusammenzählt; denn die Summen der Kältegrade (unter 0° R.) des täglichen niedrigsten Thermometerstandes giebt wohl am besten einen Maafsstab ab für die intensive Strenge der Winterkälte. Leider ist aber ein grofser Theil des Materials zu dieser Berechnung durch den Hamburger Brand verloren gegangen, und ich besitze solches nur noch vom Jahre 1831 an. Nach diesem scheint auch die Summe der negativen Temperaturen zu steigen; wenigstens macht sich seit dem Jahre 1831 eine beträchtliche Zunahme der Kältegrade bemerkbar. Es ergab nämlich die Zählung der Thermometergrade unter 0° R. im Durchschnitt jährlich für die Winter

von $183\frac{1}{2}$ bis $184\frac{0}{1}$: 249,8 Kältegrade
» $184\frac{1}{2}$ » $185\frac{0}{1}$: 328,4 »
» $185\frac{1}{2}$ » $185\frac{5}{6}$: 397,4 »

Ebenso scheinen die Winter seit jener Zeit von längerer Dauer gewesen zu seyn. Rechnen wir zwar den Anfang des Winters von dem Zeitpunkte an, wo das Thermometer mehrere Tage nach einander sich selbst am Tage nicht über den Gefrierpunkt erhob, so ist der Anfang sehr veränderlich. Demnach begann der Winter bei uns im November

von	1807	bis 1816:	9	Mal
»	1816	» 1826:	8	»
»	1826	» 1836:	4	»
»	1836	» 1846:	3	»
»	1846	» 1855:	8	»

Unter der gleichen Voraussetzung endigte der Winter im März und April:

von	1822	bis 1835:	3	Mal
»	1836	» 1845:	6	»
»	1846	» 1855:	7	»

Doch haben wir auch in früheren Zeiten Winter erlebt, die schon im November begannen, oder erst im März und April endigten. Bestimmter zeigt sich die längere Dauer der Winter, wenn man die Tage zählt vom ersten Anfange des Winters bis zum Ende desselben, und daraus Mittelzahlen berechnet; nämlich von den Tagen an, wo das Thermometer zuerst nicht über den Gefrierpunkt stieg, bis zu den Tagen, an welchen dasselbe zuletzt stattfand. Jedoch müssen die eigentlichen Frosttage, nämlich solche, an welchen das Thermometer auch am Tage nicht über den Gefrierpunkt stieg, abgesondert berechnet werden. Der zehnte Theil der Gesammtzahl eines Decenniums giebt dann die jährliche Mittelzahl der Länge und der Frosttage des Winters.

			Dauer des Winters,	Zahl der Frosttage.
von	$183\frac{1}{2}$	bis $184\frac{0}{1}$:	64,9 Tage	26,7 Tage
»	$184\frac{1}{2}$	» $185\frac{0}{1}$:	85 »	35,8 »
»	$185\frac{1}{2}$	» $185\frac{4}{5}$:	131 »	57 »

Aus allen bisher angeführten Beobachtungen und Zusammenstellungen der berechneten Werthe derselben geht

also unzweifelhaft hervor, dafs nicht nur überhaupt die Luft-Temperatur in den letzten Decennien allmählich abgenommen hat, sondern auch dafs die Winter kälter geworden sind, und im Durchschnitt jetzt von längerer Dauer zu seyn scheinen. Wenn aber auch die strengen Winter oft von kürzerer Dauer waren, so kamen in ihnen gewöhnlich weniger, aber lange anhaltende Kälteperioden, und also auch eine gröfsere Zahl an Frosttagen vor, und die Summe der ihnen entsprechenden negativen Temperaturen war sehr bedeutend. Und dadurch zeichneten sich die Winter der letzten Perioden besonders aus.

Eine Aufzählung und Zusammenstellung strenger Winter von Arago [1]), scheint schon früher dargethan zu haben, dafs die Häufigkeit der Aufeinanderfolge strenger Winter, und die Wiederholung derselben nach kürzerer Zeit zugenommen habe, obwohl Arago das Gegentheil dadurch hat beweisen wollen. Aber J. Adhémar [2]) hat nachgewiesen, dafs, wenn man die Zeitdauer berechnet, innerhalb welcher eine bestimmte Zahl, etwa zehn kalte Winter vorgekommen sind, jene um so kürzer wird, als sie sich unserem Zeitalter nähert. Demnach kamen:

von	1392	bis	1594,	also in	203	Jahren	10	kalte	Winter vor
»	1595	»	1716	»	122	»	»	»	»
»	1717	»	1829	»	113	»	»	»	»
»	1830	»	1856	»	26	»	»	»	»

So schlagend jedoch diese Beispiele für die stets kürzer werdende Wiederholung strenger Winter zu sprechen scheinen, so beweisen sie darum nichts für diese Hypothese, weil wir weder die Principien kennen, nach denen die dort verzeichneten strengen Winter als solche bestimmt wurden; — noch wissen, ob auch alle kalten Winter geschichtlich notirt worden sind. Und diefs ist um so mehr zu bezweifeln, da nach Adhémar's Berechnung von 1717 bis 1829, also in 113 Jahren nur zehn strenge Winter vorgekommen seyn sollen, während in unserer Gegend schon in dem viel

1) *Annuaire des longitudes*, 1834.

2) Die Revolutionen des Meeres. Leipzig 1843.

kürzeren Zeitraume von 1806 bis 1829, also in 24 Jahren gleichfalls zehn kalte Winter vorgekommen sind.

Wenn jene Beispiele auch keinen hinlänglich zuverlässigen Beweis für die zunehmende Häufigkeit der strengen Winter abgeben, so giebt es doch noch einen Umstand, der für die längere Dauer derselben zu sprechen scheint; das ist die zunehmende Wärmeverminderung der Frühlings-Monate März, April und Mai. Ich habe schon oben gezeigt, dafs der Frühling von 1807 bis 1824 nach Buek's Berechnung eine etwas höhere Mittel-Temperatur hatte, als der Frühling von 1825 bis 1855. Theilt man aber die ganze Beobachtungsreihe von 1807 bis 1855 in zehnjährige Perioden, so ergiebt sich von dem ersten neunjährigen Abschnitt zum zweiten Decennium eine beträchtliche Zunahme der Wärme, von 1826 ab jedoch eine fortschreitende Abnahme derselben. Die mittlere Temperatur der Frühlings-Monate war nämlich:

von	1807	bis 1815:	+ 7°,22
»	1816	» 1825:	7°,04
»	1826	» 1835:	6°,91
»	1836	» 1845:	6°,12
»	1846	» 1855:	5°,77.

Diese zunehmende Temperatur-Erniedrigung des Frühlings beweist, dafs der Winter mehr und mehr hineinragt in die Frühlings-Monate, also offenbar von längerer Dauer geworden zu seyn scheint. Noch deutlicher ergiebt sich dieſs, wenn man nur die negativen Temperaturen der Monate März und April zählt, und sie auf die einzelnen Jahre vertheilt; so ist die jährliche Mittelzahl der Kältegrade

von	1832	bis 1841:	38
»	1842	» 1851:	57,4
»	1852	» 1856:	95,1.

Die letzte sehr beträchtliche Zahl ist allerdings wohl zu und wird durch Hinzurechnen der folgenden Jahre ad vermindert werden. Defsungeachtet zeigen jene tellungen nicht nur, dafs der Frühling überhaupt den ist, sondern, die letzte vorzüglich, dafs

auch wirklich die Zahl der negativen Temperaturen im Zunehmen begriffen ist, dafs also der Winter sich immer mehr in die Frühlings-Monate hinein ausdehnt. Natürlich steht auch damit in Verbindung die Zunahme der Wintertage im März und April, d. h. solcher Tage, an denen das Thermometer auch am Tage nicht über den Gefrierpunkt stieg. Nach den in meinem Besitz befindlichen Tabellen kamen im März und April in folgenden Jahren Wintertage vor, nämlich:

1832	im März	1	Wintertag				
1833	»	2	»				
1837	»	9	»	im	April	4	Wintertage
1838	»	—	»	»		1	»
1839	»	5	»				
1841	»	2	»				
1843	»	3	»				
1845	»	22	»				
1847	»	5	»				
1848	»	2	»				
1850	»	6	»				
1851	»	6	»				
1852	»	3	»	»		1	»
1853	»	21	»				
1855	»	12	»				
1856	»	6	»				

Ich glaube also, dafs sämmtliche bisher angeführten Thatsachen hinlänglich dafür sprechen, dafs unser Klima kälter geworden ist, d. h., dafs die Temperatur der Luft zwar allmählich und mit Unterbrechungen, im Ganzen aber eine fortschreitende Erniedrigung erlitten hat. Die Ursache dieser fortschreitenden Temperatur-Abnahme ist noch nicht aufgeklärt; doch ist sie vorzüglich dem Kälterwerden des Winters und der zunehmend längeren Dauer desselben zuzuschreiben. Mögen diese Mittheilungen als ein Beitrag zu correspondirenden Beobachtungen nachsichtsvoll aufgenommen werden; da ich die meinigen nur deshalb mitgetheilt habe, weil ich glaube, dafs allein das Zusammentragen

vieler Beobachtungen von verschiedenen Orten zur Aufklärung jener Erscheinung dienen kann.

Hamburg, im April 1856.

XIV. *Ueber einige elektrische Meteore; von Dr. J. Schneider in Emmerich.*

Ich erlaube mir im Nachfolgenden aus meinem Reisejournale einige ältere Beobachtungen mitzutheilen, die ich, sowohl ihrer Seltenheit als ihrer offenbaren Beziehungen zu bekannteren Erscheinungen wegen, der Kenntnifs der Meteorologen nicht vorenthalten zu dürfen glaube [1]).

I.

An einem sehr heifsen Junitage des Jahres 1842 befand ich mich auf den Gebirgen der linken Moselseite, in dem Dorfe *Herforst* (Kreis Bitburg, Regierungsbez. Trier), von wo aus ich kurz nach Mitternacht meine Reise fortzusetzen gedachte. Als ich des Nachts gegen 1 Uhr, um die Witterung zu erkunden, vom Fenster meiner Schlafstube aus das Firmament musterte, bemerkte ich etwa 56° über dem Horizonte einen lichten Schein, der mir sogleich auffiel und zu näherer Betrachtung aufforderte; ich sah an dem völlig klaren wolkenlosen Himmel ein leuchtendes Häufchen feinen zusammengeballten Nebels von rundlicher Form; diese leuchtende Nebelscheibe, welche ihre Stelle nicht veränderte, hatte den doppelten scheinbaren Durchmesser des Mondes, und strahlte mit weifslichem Lichte, dessen Stärke

1) Vorstehender Bericht bildete bereits vor mehreren Jahren einen Theil einer Gelegenheitsschrift, die äufserer Umstände halber damals nicht zur Oeffentlichkeit kam; derselbe erscheint hier auf's Neue und in einer dieser Zeitschrift angemessenen Form redigirt.

das Licht der Milchstrafse nur wenig übertraf. Wenn mir das Selbstleuchten dieses kreisförmigen Nebelhäufchens auffallend genug war, so wurde meine Aufmerksamkeit noch viel mehr durch den Umstand rege, dafs sich in dem Innern der Nebelscheibe eine fortwährende Bewegung kund gab, indem einzelne verdichtete Theile rasch sich vom Centrum nach der Peripherie hin bewegten, ja diese öfters um ein Viertel des Durchmessers überschritten, so dafs das Ganze ein sternförmiges Ansehen erhielt, (Fig. 19 Taf. III), das jedoch durch langsames Zurückgehen der früheren und Hervorschiefsen neuer Strahlen einem fortwährenden Wechsel unterworfen war [1]). Nachdem ich dieses geheimnifsvolle Leben und Regen innerhalb des Lichtwölkchens eine sehr geraume Zeit beobachtet, nahm ich gegen $2\frac{1}{2}$ Uhr des Morgens am westlichen Horizonte drei deutliche Blitze war, die jedoch von den gewöhnlichen in so fern abwichen, als sie nicht den bekannten grellleuchtenden Zickzackstrahl, sondern eine plötzlich auflodernde flammenartig geschwungene Erleuchtung bildeten, welche sich in Zwischenräumen von wenigen Minuten, ohne alles Geräusch wiederholte und wobei der ganze Himmel eben so völlig wolkenlos blieb, wie während der ganzen verflossenen Nacht. Ich verlor unterdefs noch mehr als eine Stunde die Erscheinung des in steter Formänderung begriffenen Lichtnebels nicht aus dem Auge, bis mich mein Weg in einen dichten Wald führte, den ich erst gegen halb 7 Uhr des Morgens verliefs. Als ich wieder einen freien Horizont gewonnen und mich nach der nächtlichen Erscheinung umsah, bemerkte ich an der Stelle ein ganz unregelmäfsig gestaltetes, vielfach gewundenes und zerrissenes Wölkchen, das hell in den Strahlen der Morgensonne erglänzte, und, als das einzige Gebilde der Art, an dem noch immer völlig heiteren Firmamente bis gegen 8 Uhr, wo ich meine Aufmerksamkeit andern Gegenständen zuwandte, regungslos am Himmel beobachtet wurde.

Wenden wir uns einigen theoretischen Betrachtungen

1) Das eigenthümliche Hervorschiefsen der Strahlen könnte am Besten mit dem ähnlichen Vorgange beim Nordlichte verglichen werden.

über die beschriebene Erscheinung zu, so deuten zunächst jene blitzartigen Erleuchtungen auf eine beträchtliche *Störung des elektrischen Gleichgewichts in der Atmosphäre* hin. Blitze ohne Donner sind öfters beobachtet worden; weniger häufig sind diese Blitze bei völlig heiterm Himmel, wie in unserm Falle, und ich bin der auch sonst wohl schon ausgesprochenen Ansicht [1]), dafs in solchen Fällen die Ausgleichung der Elektricitäten — etwa wie beim St. Elmsfeuer — auf eine weniger energische und mehr allmähliche Weise vor sich geht, als diefs bei den kräftigern von Donner begleiteten Blitzen zu geschehen pflegt [2]); daher auch die von dem gewöhnlichen Zickzackstrahle abweichende mehr diffuse Form [3]). Da hiernach nun eine Störung des elektrischen Gleichgewichts in der Atmosphäre durch das beobachtete blitzartige Aufleuchten hinreichend bestätigt ist, so liegt die Versuchung nahe, in dem beschriebenen leuchtenden Nebelwölkchen eine starke Anhäufung von Elektricität zu erkennen, welche sich als Substrat die in der Atmosphäre zerstreuten Wasserdünste ansammelte, und bei grofser Anhäufung leuchtend zeigte. Hiebei müssen wir an die ähn-

1) Musschenbrock, *Introd. ad Philos. nat. T. II, p.* 1075.

2) Als mitwirkende Ursache dieser *allmählichen* Entladungen bin ich im vorliegenden Falle geneigt, *die Beschaffenheit der Atmosphäre* anzusehen: nach einem sehr heifsen Tage mufste diese stark mit Wassergas angefüllt seyn, das sich nach Sonnenuntergang in äufserst feinen Dünsten niederzuschlagen begann, die zwar die Luft nicht merklich trübten, jedoch ihre Leitungsfähigkeit bedeutend erhöhten, so dafs bei hinreichend starker Ladung eine *diffuse* Ausgleichung erfolgen mufste. Aehnlich spricht sich Matteucci aus, *Bibl. univ. T. XLII, p.* 9.

3) Die eigenthümliche Form dieser Blitze dürfte zwischen dem durch die isolirende Luft gehenden compacten Funken und zwischen dem im luftleeren Raum völlig zerstreuten elektrischen Lichte in der Mitte stehen: sowie sich der aus dem Conductor hervorgehende *Funke* dem gewöhnlichen *Zickzackblitze*, wie sich der *Lichtbüschel* am Ende einer angebrachten Spitze dem *St. Elmsfeuer*, und wie sich der *Lichtfächer* im luftverdünnten Raume dem *Nordlicht* ähnlich darstellt, so zeigt auch das flammenartig sich hinschlängelnde Licht, welches ohne Geräusch wahrgenommen wird, wenn man einen recht starken Funken auf eine Harztafel schlagen läfst, eine auffallende Aehnlichkeit in der Form mit jenen lautlosen Blitzen.

lichen Vorgänge beim Nordlichte erinnern, das ebenfalls in der Regel in Verbindung mit feinen Nebeldünsten oder dünnen Federwölkchen auftritt, selbst dann, wenn der ganze Himmel, wie in unserm Falle, sonst völlig klar erscheint[1]); diese feinen Wölkchen werden zuweilen noch längere Zeit nach dem Verschwinden des Nordlichts am Himmel beobachtet, gerade wie bei unserem Phänomen der kreisförmige Nebel am Morgen in die unregelmäfsige Form eines gewöhnlichen Wölkchens sich aufgelöst hatte[2]). Auch die eigenthümliche Bewegung im Innern der Nebelscheibe, das Zucken und Hervorschiefsen von Strahlen, stimmt mit den bekannten Vorgängen beim Nordlichte sehr überein. Wollte man hiernach unsere Erscheinung ohne Weiteres den Nordlichtern beizählen, so könnten wir dieser Ansicht kein anderes Bedenken entgegensetzen, als die ungewöhnliche Höhe des Phänomens über dem Horizonte, und seine im Uebrigen von den Nordlichtern abweichende Form[3]). So lange wir jedoch einerseits noch zu keiner allseitig entschiedenen

1) Schon Musschenbrock a. a. O. redet von dem Vorhandenseyn solcher feinen Wolken, indem er angiebt, dafs sie oft das Nordlicht begleitend sich von N. nach S bewegen, oder nach dem Verschwinden desselben am Himmel sichtbar werden. Die Begleiter Franklin's auf der Reise an den Nordküsten Amerika's versichern wiederholt, dafs das Erscheinen des Nordlichts in der Regel mit der Anwesenheit feiner Wölkchen verbunden sey, wenn auch der übrige Theil der Atmosphäre völlig klar erscheine; auch erwähnt Richardson bei dem Nordlichte vom 13. December 1820 sehr feiner Wölkchen am Himmel, welche wiederholt ein schwaches orangefarbenes Licht ausströmen liefsen. Ebenso wurden am 9. September 1827 zu Canonmills nach Mittag sehr dünne Flockenwolken gesehen, aus denen ein schwaches Licht ausströmte und in eigentlichen Strahlen aufschofs. Vergl. auch die Berichte von Farquharson, Thienemann u. A. bei Gehler phys. Wörterb. Bd. VII, S. 201 ff.; ebenso Hansteen in d. *Mém. de l'Acad. de Belg. XX.*

2) So beobachtete Pringle am 26. Jan. 1848 gegen 10 Uhr Abends ein schönes Nordlicht, das sich später in einen milchweifsen Nebel auflöste. *Philos. Mag. XXXII, p.* 232; und v. Wrangel (Phys. Beobacht. S. 57) sagt, dafs die Strahlen des Nordlichts zuweilen weifsliche Wolken hinterliefsen, die am folgenden Tage noch sichtbar blieben.

3) Die Anwendung eines wichtigen Prüfungsmittels — die Beobachtung der Magnetnadel — war mir leider nicht vergönnt.

Theorie der Nordlichter gelangt sind, und so lange wir uns anderseits über den *Ursprung der Luftelektricität* noch in einem tiefen Dunkel befinden, würde jede weitere Discussion in dieser Richtung nur zu eingebildeten Resultaten führen; und daher begnügen wir uns, falls die Erscheinung allein der Wirkung elektromagnetischer Kräfte zuzuschreiben ist, auf den Zusammenhang der letztern mit meteorologischen und elektrischen Vorgängen in der Atmosphäre, wie sie durch die Condensation der Wasserdämpfe und jene blitzartigen Entladungen zu Tage treten, kurz hingewiesen zu haben.

II.

Die zweite hier zu betrachtende Erscheinung ist folgende:

"Auf einer Reise in Holland, am 5. Juli 1845, nach einem sehr heifsen Tage des Nachmittags gegen 6 Uhr, wurde ich in der Nähe der Stadt *Nymwegen* von einem sehr heftigen Gewitter überrascht, das von einem starken Hagelschauer begleitet war. Nachdem sich das Wetter abgekühlt und die Luft wiederum klar geworden, beobachtete ich vom rechten Waalufer aus das Firmament und bemerkte jenseits der Waal nach Süden hin hinter dem Hügelzuge, worauf die Stadt Nymwegen liegt, noch eine Gewitterwolke, die von Südosten nach Nordwesten zog, und hinter welcher ein ferner Donner hörbar war. Von dieser Wolke, als Mittelpunkt am Horizonte, breitete sich eine *fächerförmige Figur* fast über die Hälfte des ganzen Firmaments aus (Fig. 20 Taf. III): der Himmel war nämlich ursprünglich mit einem feinen Nebelschleier (herrührend von dem durch plötzliche Abkühlung erfolgten Niederschlage des in der Luft aufgelösten Wassergases), wie es nach Gewittern öfters zu geschehen pflegt, ganz überzogen. Dieser feine Dunstschleier zeigte sich *beinahe in einem Halbkreise um die oben genannte Wolke völlig verschwunden*, so dafs an diesem Theile das blaue Firmament sichtbar war; und an dieser Stelle als Mittelpunkt gingen nach verschiedenen Richtungen *zahlreiche*

Strahlen aus, die dadurch entstanden, dafs auch hier der Nebeldunst verschwunden, und das dahinter befindliche Blau des Firmaments zum Vorschein kam, so dafs also die ganze strahlige Figur durch das in der bezeichneten Weise hervortretende blaue Firmament gebildet wurde, während der ganze übrige Theil von jenem grauen Nebelschleier, in welchem die besagte Figur sich gleichsam ausprägte, bedeckt blieb. Die Streifen reichten aus der Nähe des Horizonts noch einige Grade bis über das Zenith hinaus; sie waren an den Seiten geradlinig begränzt, und an den Rändern zeigte sich eine stärkere Anhäufung des Nebeldunstes [1]). Das ganze Phänomen dauerte von dem Zeitpunkte an, wo ich es zuerst beobachtete, etwa 10 Minuten; eine Lichterscheinung war damit nicht verbunden.

Obgleich die Convergenz der Strahlen nach dem Mittelpunkte der Wolke nur als Folge der Perspective zu betrachten ist, so spricht sich doch der innige Zusammenhang Beider ganz entschieden dadurch aus, dafs *mit dem allmählichen Fortrücken der Wolke auch die Strahlen ihren Ort entsprechend veränderten*, indem sie aus der Stellung von Süden nach Norden nach und nach in die von Südwest nach Nordost übergingen; und hieran knüpft sich ohne Zwang die nachfolgende Erklärung des Phänomens. Die in der Gewitterwolke stark angehäufte *Elektricität*, welche zunächst keinen Gegenstand fand, auf den sie sich in der Form des gewöhnlichen Blitzes entladen konnte [2]), strömte demnach frei in den Luftraum aus, und bezeichnete ihren Weg in der Atmosphäre dadurch, dafs sie, jene feine Nebelschicht durchbrechend, die Dunsttheilchen mechanisch

1) Der Eindruck war ganz der, wie wenn man etwa auf einer mit Sand bestreuten Tafel von einem Punkte aus mit dem Finger Linien zieht, wodurch der Sand an den berührten Stellen weggeschoben wird, so dafs durch Hervortreten der Tafelfläche an den leeren Stellen eine strahlige Figur entsteht, an deren Rändern der Sand sich ebenfalls angehäuft hat.

2) Dafs hierbei auch die durch die Anwesenheit von Wasserdünsten erhöhte Leitungsfähigkeit der Luft, sowie insbesondere die relative Stärke und Gleichmäfsigkeit in der fortgesetzten Ladung der Wolke mitwirkende Ursachen seyn können, darf nicht unerwähnt bleiben.

zur Seite schob und leere Streifen darin erzeugte, hinter denen die gewöhnliche Färbung des Firmaments erschien, genau so, wie die auf eine mit feinem Pulver bestreute Glastafel aufgetragene Elektricität ihren Weg auf der Tafel durch die von Pulver leeren Stellen bezeichnet [1]). Diese Uebereinstimmung mit den sogenannten elektrischen Staubfiguren giebt sich auch dadurch kund, dafs zunächst am Sitze der Elektricität, nämlich um die geladene Wolke her, ein von Dünsten leeres Segment sich zeigte, von dem aus erst die Strahlen sich nach den verschiedenen Seiten hinzogen, gerade so, wie auf der mit Pulver bestreuten Tafel am Uebergangspunkte der Elektricität ein rundlicher leerer Fleck entsteht, aus dessen Peripherie die Strahlen nach den verschiedenen Richtungen ausbrechen.

Die Aehnlichkeit des ganzen Phänomens aber mit einem andern Meteore, dem *Nordlichte*, tritt um so mehr hervor, als wir annehmen dürfen, das jene dunstlosen Streifen, welche den durch die Atmosphäre genommenen Weg der Elektricität bezeichnen, bei Nacht oder in der Dämmerung sich leuchtend dargestellt haben würden, wobei wir an einzelne Fälle erinnern, wo bei Gewittern solche nordlichtartige Säulen, selbst Bögen, wahrgenommen worden sind [2]); insbesondere erinnert uns das vorerwähnte Segment der Gewitterwolke unwillkürlich an das dunkle von einem lich-

1) Dafs Gewitterwolken öfters fast ohne Unterbrechung Lichtstrahlen aussenden, ist durch vielfache Beobachtungen erwiesen; auch ist nicht zu bezweifeln, dafs diese Lichtströme von der aus der Wolke durch die Luft sich zerstreuenden Elektricität herrühren, gleichwie aus einem stark geladenen Conductor im Dunkeln Lichtstrahlen ausgehen, wenn sich kein Gegenstand in der Schlagweite befindet, um Funken daran abgeben zu können.

2) Gehler a. a. O.: »Ich habe im November 1824 eine dem Nordlichte vollkommen gleiche Lichtsäule am östlichen Theile des Himmels gesehen, wo sie mindestens 30 Minuten unverrückt stand, und gewifs für dieses Meteor gehalten worden wäre, wenn nicht die genau östliche Richtung dieses zweifelhaft gemacht hätte, worauf sich dann am folgenden Tage ergab, dafs es nichts weiter als ein nahe 8 Meilen entferntes starkes Gewitter gewesen war.« Muncke a. a. O. Vergl. auch Arago's Abhandlung vom Donner und Blitz.

ten Bogen begränzte Segment beim Nordlichte, aus dessen Peripherie gleichfalls die nach dem Zenith aufschiefsenden Strahlen hervorgehen. Ein zu beachtender Unterschied in der Constitution beider Erscheinungen giebt sich jedoch dadurch kund, dafs bei dem *Gewitterphänomen* die Strahlen, welche den Weg der Elektricität bezeichnen, völlig *dunstfrei* sind, und durch eben diesen Umstand die fächerförmige Figur zum Vorschein kommt, während beim Nordlichte die erregende Kraft die atmosphärischen Wasserdünste *ansammelt*, und diese so dem leuchtenden Phänomen als *Substrat* zu dienen pflegen [1]).

Hiernach beschränkt sich die nothwendige Unterscheidung zwischen den Gewitterlichtstrahlen und den Nordlichtstrahlen, die man ihrer allgemeinen Uebereinstimmung wegen zuweilen für gleichen Ursprungs gehalten, nicht blofs auf die Verschiedenheit der erregenden Kräfte beider Phänomene (von denen das erstere auf die atmosphärische Elektricität, das andere auf elektromagnetische Kräfte der Erde zurückgeführt wird), sondern tritt auch in der jedesmaligen Constitution derselben hervor; und ich habe zu wiederholten Malen eine mit den genannten Erscheinungen viele Aehnlichkeit darbietende Configuration der atmosphärischen Nebeldünste wahrgenommen, auf welche sich die erwähnte Unterscheidung in der Bildungsweise gleichfalls anwenden läfst. So beobachtete ich im Juni 1846 nach einem sehr heifsen Tage kurz vor Sonnenuntergang in der Nähe von *Xanten* (Kreis Cleve, Regierungsbez. Düsseldorf) am östlichen Horizonte eine dunkle Wolkenmasse, von welcher sich dieselben dunstleeren Streifen, wie in dem erstbeschrie-

1) Dieser beachtenswerthe Unterschied dürfte in nachfolgendem Versuche, wenn auch keinen Erklärungs-, doch einen Vergleichungspunkt finden: Bestreut man eine Glastafel mit feinem Pulver, und läfst Elektricität aufschlagen, so wird der Weg der Elektricität durch die von Pulver *leeren* Stellen bezeichnet (entsprechend den Strahlen der Gewitterwolke); läfst man aber zuerst Elektricität auf die Tafel aufschlagen, und streut hierauf das Pulver, so wird der Weg der Elektricität durch die von Pulver *erfüllten* Stellen bezeichnet (entsprechend den Strahlen des Nordlichts).

benen Falle, nur von geringerer Länge, in den das übrige Firmament bedeckenden Nebeldünsten ausbreiteten; auch wurde ein dem Fortschreiten der Wolken entsprechendes Fortschreiten der Strahlen deutlich wahrgenommen. Verschieden dagegen hiervon sind die Wolkenstreifen, welche durch ihre Regelmäfsigkeit in der Form und Lage am Himmel auffallen und zuweilen schon bei Tage die Anordnung der später erscheinenden Nordlichtstrahlen angeben. Solche Wolkenstreifen, die nach einem dunstleeren Theile des nordwestlichen Horizontes scheinbar convergirten, sah ich im September 1850 vom Meeresdamm bei *Ostende* aus, und in noch ausgebildeterer Form beobachtete ich im August 1855 das Phänomen bei *Emmerich*, wo die sehr regelmäfsig gebilten Wolkenstreifen vom Zenith aus nach einem wolkenleeren Theile des nordöstlichen Horizontes convergirten. In beiden letztgenannten Fällen wurde eine Bewegung der Streifen nicht wahrgenommen; dagegen zeigen die von A. v. Humboldt beschriebenen Polarstreifen [1]), die mit den beiden letztern Phänomenen zusammengehören, »ein Hin- und Herschwanken oder zu anderer Zeit ein allmähliches Fortschreiten des Convergenzpunktes«, und das Bedenken, welches A. v. Humboldt dagegen erhebt, dafs dieses Fortbewegen der Streifen etwa atmosphärischen Luftströmungen zuzuschreiben sey, dürfte wesentlich verstärkt werden durch Vergleichung mit den oben angeführten Fällen, wo das *Fortschreiten der Streifen bei Gewittern* als Folge des Fortbewegens der Wolke *direkt beobachtet* worden ist.

Als Endresultat glauben wir aus den bisherigen Beobachtungen folgende allgemeine Schlüsse rechtfertigen zu können:

1. Es finden nicht blofs *elektromagnetische* Strömungen von den *Polen* nach dem Aequator statt, sondern es giebt auch Fälle, in welchen entsprechende *elektrische* Ausströmungen aus *Gewitterwolken* statthaben.

2. Die *elektromagnetischen* Ausströmungen *sammeln* und *verdichten* die in der Atmosphäre enthaltenen *Wasserdünste*

1) *Kosmos*, Bd. I, S. 202 u. 441.

und die jedesmalige *Configuration dieser Dunstmassen* bezeichnet den *Weg* des elektromagnetischen Fluidums; die *elektrischen* Strömungen bei Gewittern dagegen *schieben* die atmosphärischen Nebeldünste *zur Seite* und die *dunstleeren Stellen* bezeichnen den *Weg* des elektrischen Fluidums.

3. Die eigenthümlichen *Formen*, in welchen sich die *elektromagnetischen* Ausströmungen kund geben, stimmen in den Hauptumrissen — *einem Segment nebst peripherischen Strahlen* — mit denen der *elektrischen* Strömungen der Gewitter überein.

4. Die elektromagnetischen, wie die elektrischen Ausströmungen sind mit einer *Lichtentwickelung* verbunden, die meist nur in der *Dunkelheit*, seltner bei Tage wahrgenommen wird; dagegen wird ihr Daseyn *bei Tage* stets durch die *eigenthümlichen Configurationen in den Nebeldünsten der Atmosphäre* angezeigt.

XV. *Ueber die am 3. Februar d. J. gesehene Feuerkugel; von Prof. Dr. Heis in Münster.*

Am Abende des 3. Februars d. J. wurde gleichzeitig an vielen Orten Deutschlands, der Schweiz, Frankreichs, Belgiens, Hollands und Englands eine *prachtvolle Feuerkugel* wahrgenommen. Die verschiedenen Blätter des In- und Auslandes gaben Kunde von dem weit verbreiteten Meteor; jedoch waren die Angaben über den Weg, den dasselbe am Himmelsgewölbe wahrgenommen hatte, meist unbestimmt. Auf meine schriftliche Anfrage erhielt ich bereitwillig von verschiedenen Seiten Auskunft über die das Meteor begleitenden Umstände, von Cöln, Aachen, Neunkirchen, Meisenheim, Kreuznach, Mannheim und Zürich. Nach den verschiedenen Berichten, die ich gesammelt habe, wurde unter andern das Phänomen gesehen, *a*) in *Deutschland* in

Lübbecke bei Minden (26½° Oestl. L., 52½° Nördl. Br., dem äufserst nördlichen und östlichen Punkte) in Detmold, Bielefeld, Münster und Umgebung, in Aachen, Cöln, Birkenfeld im Siegkreise, im Aarthale, in Ems, Trier, Neunkirchen bei Saarbrücken, Meisenheim, Kreuznach, Frankfurt, Darmstadt, Mannheim, Bretten, Carlsruhe, Stuttgardt, Rottweil, Sulz, Ulm, Lindau am Bodensee (27½° Oestl. L., 47½° N. Br. dem äufsersten südlichen und östlichen Punkte); *b) in der Schweiz* in Glarus, Bern, Zürich, Genf (24° Oestl. L., 46° Nördl. Br., dem südlichsten Punkte); *c) in Frankreich* in Dijon, Niederbrunn im Elsafs, Auxerre, Angers (17° Oestl. L., 47½° Nördl. Br., dem äufsersten südlichen und westlichen Punkte), in Vitry, Saint-Dié in den Vogesen, Laon, Provins, Rouen, Havre, Lille, Paris; *d) in Belgien* in Namur, Verviers, Brüssel; *e) in Holland* in Helder, Stedum; *f) in England* in Harborough in der Grafschaft Leicester[1]) (17° Oestl. L., 52½° Nördl. Br., dem nördlichsten und westlichsten Punkte).

Die äufsersten Orte, von denen aus das Meteor wahrgenommen wurde, Lübbecke, Detmold, Ulm, Lindau, Genf, Angers und Harborough liegen, wie der Anblick einer Karte zeigt, nahezu auf einer Kreislinie von 120 geographischen Meilen Durchmesser. Es umschliefst dieser Kreis aber eine Länderfläche von mehr als 11300 Quadratmeilen.

Die Zeit der Erscheinung war 8 Uhr 26 Min. mittlerer Münsterer oder 8 Uhr 5 Min. mittlerer Pariser Zeit.

Das Meteor glich bei dem ersten Erscheinen einer grofsen Sternschnuppe, nahm dann, indem es sich stofsweise und in Absätzen fortbewegte, an Helligkeit und Gröfse zu und entwickelte zuletzt einen solchen intensiven Glanz, dafs es durch die Beleuchtung weit und breit auch die kleinsten Gegenstände deutlich erkennen liefs. Unter Funkensprühen, wobei sich kleine Feuerballen trennten, erlosch das merkwürdige Phänomen, indem es gleichsam verbrannte. Deutliche Spuren des zurückgelegten Weges liefs dasselbe durch einen breiten längere Zeit andauernden, blassen

1) Nach dem Standard.

Schweif erkennen. Die Farbe der Feuerkugel selbst war anfangs weifs, zuletzt kurz vor dem Verschwinden roth, nach der Seite des Schweifes zu erbleichend. Die Zeitdauer der Erscheinung wird von Paris und Aachen aus übereinstimmend zu 4 Sekunden angegeben. Die scheinbare Gröfse des Meteors wird von verschiedenen Beobachtern verschieden, meist übertrieben angegeben. Von Paris und Aachen aus, welche dem Heerde der endenden Erscheinung ziemlich nahe lagen, wird von zwei zuverlässigen Beobachtern Dieu und H. Sternberg übereinstimmend der Durchmesser zu einem halben Monddurchmesser oder 15 Minuten angegeben; von Münster aus erschien derselbe bedeutend kleiner.

Die Richtung, nach welcher das Phänomen von verschiedenen Orten aus gesehen wurde, wird verschieden angegeben. Nahe im Zenith sah dasselbe *Bern* (zu Anfange der Erscheinung), in Norden Genf und Bern (zu Ende der Erscheinung), gegen Osten Angers und Paris, gegen Westen Carlsruhe, Neunkirchen, gegen Süden Münster, Detmold (zu Anfange der Erscheinung).

Ich versuchte es, aus den mir zu Gebote stehenden scheinbaren Bahnen der an mehreren Orten gesehenen Sternschnuppe die wahre Bahn zu bestimmen. Zur Berechnung derselben wandte ich die *Constructionsmethode* an, deren ich mich sehr häufig zur Bestimmung der wahren Bahn der *Sternschnuppen* bei correspondirenden Beobachtungen bedient habe. Ich wende hierzu eine dreifsigzöllige hölzerne Himmelskugel an, die vollkommen rund abgedrechselt und von mir sorgfältig von Grad zu Grad eingetheilt ist, so dafs ich bequem Viertelgrade des Aequators ablesen kann, auf welche ich mit Sorgfalt die Sterne aufgetragen habe. Mit einem tasterförmig eingerichteten Zirkel beschreibe ich gröfste Kreise, bestimme auf der Kugel, wenn sie für eine bestimmte Zeit auf eine bestimmte Polhöhe eingesetzt ist, Azimuth und Höhe jedes Punktes desselben, mache überhaupt auf der Oberfläche mit Hülfe eines gekrümmten Lineals alle Zeichnungen mit zugespitztem festem Kremser-

weifs, wie man sie sonst auf einer Ebene zu machen pflegt. Bei den mehr oder minder mit Fehlern behafteten Angaben des scheinbaren Berechnens der Sternschnuppen scheint mir die *Constructionsmethode* vollkommen hinreichend und verdient vor der obgleich mathematisch genaueren Bessel'schen *Berechnungsmethode* [1]) in so fern Beachtung, dafs sie rascher zum Ziele führt, dafs sie für das Auge bald entscheidet, ob die zur Berechnung angeführten Daten den gehörigen Grad von Genauigkeit besitzen, oder ob die, an zwei Orten zwar in demselben Zeitmomente gesehenen Sternschnuppen, dennoch verschiedenen Sternschnuppen angehören [2]). Zur Entscheidung der letztern Frage lasse ich mich durch den folgenden Satz leiten. Denke ich mir von dem einen Beobachtungsorte M nach dem anderen M' eine Gerade MM' gelegt, welche in der Verlängerung einen gewissen Punkt C des Himmelsgewölbes (mehr oder weniger tief unterhalb des Horizontes) trifft, so mufs dieser Punkt C des Himmelsgewölbes mit den von den beiden Orten M und M' aus gesehenen Anfangspunkten a und a' der scheinbaren Bahnen sowohl, als mit den Endpunkten e und e' für sich in gröfsten Kreisen liegen, d. h. Caa' und Cee' müssen gröfste Kreise seyn. Der Beweis dieses Satzes ergiebt sich leicht, wenn man nur beachtet, dafs die Geraden Ma und $M'a'$ sich im Punkte A, dem Anfangspunkte der wahren Bahn AE, sowie Me und $M'e'$ sich im Punkte E, dem Endpunkte der wahren Bahn, schneiden, dafs also MM', Ma und $M'a'$ in *einer* Ebene liegen.

Verlängert man die auf die Himmelskugel aufgezeichneten Bahnen ea und $e'a'$ rückwärts (über a und a' hinaus), so ist der Durchschnittspunkt r derjenige Punkt des Him-

1) S. astronomische Nachrichten Bd. XVI, No. 380.

2) Am 9. August 1848 wurde in Breslau von Reich eine Sternschnuppe erster Gröfse um 13 Uhr 15 Min. 29 Sec. beobachtet, welche von Mirach Andromedae nach Sirrah Pegasi ging; in Bonn (39 Min. 45,5 Sec., in Zeit, Meridiandifferenz von Breslau) beobachtete Schmidt um 12 Uhr 35 Min. 47,4 Sec. eine Sternschnuppe zweiter Gröfse, welche von O. nach W. ging und im Schwan endete, die aber mit jener nicht identisch war.

melsgewölbes, von dem aus die Feuerkugel oder Sternschnuppe zu uns gelangte. Dieser Durchschnittspunkt r mufs, wie sich leicht aus der Natur der Sache ergiebt, wirklich auf den Verlängerungen von ea und $e'a'$ befinden, darf aber *nicht unterhalb* des Horizontes liegen, wenn die künstliche Himmelskugel gehörig eingestellt worden ist. Sind endlich drei Beobachtungen gegeben, die an drei verschiedenen Orten M, M', M', angestellt worden sind und welche ein und derselben Sternschnuppe angehören, etwa ea, $e'a'$, $e''a''$, so müssen diese drei Bahnen rückwärts verlängert in *denselben Punkt* r treffen [1]). Von *Aachen* aus war mir durch briefliche Mittheilung eines zuverlässigen Beobachters, des Hrn. H. Sternberg, genau die Bahn angegeben worden, welche die Feuerkugel daselbst unter den Sternen beschrieben hatte; sie ging aus der Nähe des Sirius durch den südlichen Theil des grofsen Hundes, und zwar von einem Punkte, der 98° Rectascension und 13° südl. Declination hat bis zu einem Punkte von 52° Rectascension und 20° südlicher Declination. Von *Münster* aus erschien der Anfang der Bahn der sich im *Eridanus* bewegenden Feuerkugel bei 85° Rectascension und 20° nördlicher Declination, das Ende bei 43° Rectascension und 25° südl. Declination. Mit diesen beiden Beobachtungen, welche unter einander gut stimmten, konnte ich aber eine dritte Pariser Beobachtung von Coulvier-Gravier nicht in Uebereinstimmung bringen, welcher die Feuerkugel von χi im Orion nach Delta im gr. Löwen sich will bewegen gesehen haben [2]).

Ein freundliches Schreiben des bekannten Planetenentdeckers Hermann Goldschmidt theilte mir die durch die *Compt. rend. du 4. février* veröffentlichte Beobachtung des Hrn. Dieu mit, nach welcher derselbe die Feuerkugel

1) Diese Bedingnifs erfüllen nicht die drei am 7. October 1824 in Breslau, Neifse und Gleiwitz gleichzeitig beobachteten hellen Meteore (No. 43), welche Brandes für identisch hält; ebenso nicht die unter No. 50 aufgeführten drei in Neifse, Mirkau und Gleiwitz Tages darauf beobachteten hellen Sternschnuppen. Astr. Nachr. Bd. XVI.

2) *Cosmos, revue encyclopédique. Feb.* 15.

vom Kopfe der Wasserschlange bis in die Nähe der Sterne Eta und Gamma im Löwen gesehen hat. Ein anderer Beobachter, Hr. Bafse-Bergier, Assistent der Pariser Sternwarte, giebt an, dafs die Bewegung der Feuerkugel sowohl als des Schweifes, vollkommen *horizontal* gewesen sey. Der Anfangspunkt von 130° Rectascension + 2° Declination und der Endpunkt 149° Rectascension und + 18° Declination, pafst sowohl zu der Aachener als zu der Münsterer Beobachtung. Meine Muthmafsung über die Unrichtigkeit der von Coulvier-Gravier gelieferten Beobachtung fand ich somit völlig gerechtfertigt.

Der Umstand, dafs Paris das Meteor von der Rechten zur Linken, Aachen dagegen dasselbe von der Linken zur Rechten sich bewegen sah, deutet darauf hin, dafs sich das Meteor nach einer Gegend zwischen Paris und Aachen bewegt habe. Das Resultat der mit Hülfe der 30zölligen Himmelskugel geführten Untersuchung war folgendes. In einer Höhe von 30 geographischen Meilen über dem Furca und St. Gotthard, über den Rhonegletschern und den Quellen des Rheines begann das Meteor seine Sichtbarkeit. Senkrecht über Solothurn hinwegeilend, fast im Zenithe von Bern [1]), überschritt es bei Delle die französische Gränze in einer Höhe von 22 Meilen, ging südlich von Epinal in einer Höhe von 18 Meilen nun über Bar-le-Duc in einer Höhe von 15 Meilen hinweg und endete zuletzt in einer Höhe von $10\frac{1}{2}$ Meilen senkrecht über *Chalons*. Würde die Kugel ihren Lauf fortgesetzt haben, so würde sie *Bapaume* zwischen Amiens und Cambray getroffen haben. Für Bapaume und Umgegend mufs also die Feuerkugel unbeweglich am Himmelsgewölbe gestanden, aber nach und nach an Umfang zugenommen haben. Der Ort der Feuerkugel mufste ganz in der Nähe von 186 Bode im Einhorn gewesen seyn (bei 119° Rectascension und 6° südl. Declination) [2]). Der von

1) Das Berner Intelligenzblatt schreibt: »Das Meteor erschien beinahe im Zenith und verfolgte in der Dauer von ungefähr vier Sekunden einen Bogen am Himmelsgewölbe, bis es am nördlichen Horizonte unter greller Lichtentwickelung verschwand.

2) Eine ähnliche Erscheinung einer ihren Ort nicht verlassenden, allmählich an Gröfse zunehmenden Feuerkugel bot sich mir zu *Aachen* 1851 am 26. Sept. dar.

der Feuerkugel in einer Zeit von vier Sekunden zurückgelegte Weg betrug 54 Meilen an Länge, die Geschwindigkeit betrug also $13\frac{1}{2}$ Meile für die Sekunde. Legt man den scheinbaren Durchmesser von 15 Minuten, welchen sie kurz vor dem Verschwinden zu Paris, wovon sie 27 geographische Meilen Abstand hatte, zum Grunde, so ergiebt sich hieraus ein wahrer Durchmesser für die Kugel von mehr als 2400 preufs. Fufsen.

Die Feuerkugel nahm zwar, wie oben bemerkt wurde, ihren Ausgang aus der Gegend von 186 Bode im Eichhorne; jedoch ist dieser Ausgangspunkt nicht als der wirkliche Punkt zu betrachten, von welchem aus unter der Annahme eines *kosmischen Ursprungs* das Meteor zu uns kam. Es traf nämlich das Meteor nicht die *ruhende*, sondern die *bewegende* Erde. Die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bewegung um die Sonne betrug damals nahezu 4 Meilen, die Richtung der Bewegung ging aber nach einem Punkte (dem Tangentialpunkte) hin, der nahezu 221° Rectascension und 10° südl. Declination hat. Die uns erscheinende Bahn des Meteors ist also zusammengesetzt aus der eigenen Bahn und einer scheinbaren, in Folge der Bewegung der Erde erzeugten. Hieraus ergiebt sich, dafs der *kosmische* Ausgangspunkt einem Punkte angehört, der 137° Rectascension und — 10° Declination hat (zwischen 24 Fl. und 27 Fl. in der Wasserschlange, nahe bei α Hydrae); als Geschwindigkeit ergiebt sich 13 Meilen, statt der früheren $13\frac{1}{2}$ Meilen.

Eigenthümlich bleibt es, dafs, wie nicht allein bei dieser Feuerkugel, sondern auch bei vielen andern constatirt ist, das Leuchten und Verbrennen jener Meteore auch *jenseits unseres Luftkreises* stattfindet. Gelangte jene Feuerkugel vom 3. Februar bereits in glühendem Zustande in den Wirkungskreis unserer Sichtbarkeit? Es steht fest, dafs der Glanz der Feuerkugel sich allmählich bis kurz vor Ende der Sichtbarkeit verstärkte. Dieser Glanz nahm aber nicht blofs zu, weil, wie es bei Paris, Aachen und Münster der Fall war, die Feuerkugel sich den Beobachtungsorten näherte, denn von *Bern* aus, wo das Meteor sich immer mehr und

mehr nach dem nördlichen Frankreich ziehend, entfernte, schreibt man, dafs dasselbe am nördlichen Horizonte *unter greller Lichtentwickelung* verschwunden sey. Was hat den Verbrennungsprocefs, der noch beim Schlusse in einer Entfernung von $10\frac{1}{2}$ Meilen von der Erde vor sich ging, beschleunigt?

Räthselhafte Körper sind Feuerkugeln und Sternschnuppen immerfort zu nennen, und es bleibt deshalb wichtig, alles zu sammeln, was uns über die Natur dieser Körper einigen Aufschlufs geben kann.

Alle, denen Kenntnisse und Mittel zu Gebote stehen, um genaue Beobachtungen anzustellen, mögen den merkwürdigen Erscheinungen der Feuerkugeln und Sternschnuppen ihre Aufmerksamkeit nicht versagen, mögen ein Scherflein beitragen zur Ergründung der Natur aus dem Gebiete unserer Atmosphäre verwiesener kosmischer Körper.

Münster, im März 1856.

XVI. *Ueber ein Paar in Chili beobachtete Lichtphänomene. Auszug aus einem Briefe des Dr. Moesta an Prof. Gerling in Marburg* [1]).

Santiago de Chile 1856 Jan. 14.

— Ich will nun den noch übrigen Raum dieses Briefes damit ausfüllen, Ihnen eine flüchtige Beschreibung eines Phänomens mitzutheilen, welches sich hier sehr häufig vom December bis Ende Februar zeigt und die Aufmerksamkeit eines jeden Fremden in diesem Lande erregt. Sie wissen schon, dafs die Sternwarte gegenwärtig auf dem *Cerro de St. Lucia* liegt und dafs sich dieser Hügel inmitten der Stadt Santiago plötzlich aus der vollkommenen, ich möchte fast sagen, spiegelglatten, Ebene erhebt. Letztere erstreckt sich gegen Osten hin in einer Entfernung von etwa 12000 Meter bis an den Fufs der majestätischen Cordilleren, die wie alle Berge in diesem Theile von Chile mit

1) Mitgetheilt von Hrn. A. v Humboldt. (P.)

einem Male aus der Ebene emporsteigen. — Man kennt hier kein Hügelland. — Dem Beobachter auf der Sternwarte liegt so die vom Norden nach Süden laufende Cordillere auf viele Meilen entfaltet da, und die hier und da hervorragenden Gipfel bilden mit der grünen Ebene einen reizenden für das Auge nie ermüdenden Contrast. Der Rücken des Theils der Cordillere, welcher der Sternwarte am nächsten liegt, ist sehr scharf begränzt, so dafs sich der Aufgang der gröfseren Gestirne, wie Sirius, namentlich in den späteren Nachtstunden fast mit der Emersion eines Sterns aus dem dunkeln Mondrande vergleichen läfst. Ich habe wohl bisweilen den Aufgang eines Gestirns mit dem Fernrohr verfolgt, aber nie etwas vom Schwanken [1]) der Gestirne in horizontaler Richtung wahrnehmen können.

Wenige Stunden nach Sonnenuntergang gewahrt man nun ein (dem Anschein nach) elektrisches Licht, welches von einem Punkte hinter der Cordillere strahlenförmig auszugehen scheint, aber so intensiv wird, dafs es die ganze Cordillere, so weit sie sich dem Auge zeigt, erleuchtet; ja in einer Entfernung von 30 Leguas, näher der Küste, z. B. in Valparaiso, ist die Erscheinung nur unbedeutend lichtschwächer. Das Licht der aufschiefsenden Strahlen nimmt an Intensität zu, bis es gegen 11 Uhr Abends sein Maximum erreicht; wird dann allmählich schwächer und dauert häufig bis 3 Uhr Morgens. Die Richtung des Ausstrahlungspunktes ist bisweilen an einem Abend mit geringer Veränderung dieselbe, bisweilen schwankend von 10° bis 20°. Die Amplitude zwischen den äufsersten Punkten von der Sternwarte aus gesehen, beträgt indessen für verschiedene Abende wohl 80°. Die Intensität des Lichts ist an verschiedenen Abenden bisweilen sehr verschieden und ich habe keinen Zusammenhang mit dem Thermometer wahrnehmen können. Die Wetterfahne zeigt in den Nachmittagsstunden gewöhnlich Westwind, geht dann Abends durch Südwest und steht Morgens östlich. Es hat mir ge-

1) Eine Anspielung auf das, im Kosmos Th. III, S. 73 und 641 beschriebene, später auch im nördlichen Afrika von dem Astronomen Voget (Ann. Bd. 92, S. 655) *gesehene* Phänomen des Sternenschwankens.

schienen, als ob das Licht am intensivsten bei Südostwind sey. Was mich immer am meisten bei Betrachtung dieser Erscheinung interessirt hat, ist das ungemein lebhafte Funkeln der Sterne. Nach jedem Auffahren eines Blitzes scheint die Atmosphäre von Neuem in einen gereizten Zustand versetzt zu werden und das Funkeln zu begünstigen. Hier herrscht unter dem Volke die allgemeine Meinung, dafs dieses Licht vom Leuchten der Vulkane herrühre, wozu, wie mir deucht, vielleicht das strahlenförmige Auffahren des Lichts beitragen mag. Die ganze Erscheinung ist aber wohl nichts weiter, als was man Wetterleuchten nennt und von verschiedenen Reisenden, ich glaube auch von Pöppig erwähnt worden ist.

In der letzteren Zeit hatte ich Gelegenheit ein anderes interessantes Phänomen zu beobachten, von dem ich sonst nie Etwas gehört habe, welches aber mit dem vorigen in enger Verbindung zu stehen scheint und wie dieses seine Erklärung wohl in der grofsen Trockenheit der Atmosphäre findet. Nördlich von Santiago ist nämlich die grofse Ebene, welche Chile bis nach der Magellanstrafse hin (zwischen der Haupt- und Küsten-Cordillere) durchläuft, durch Ausläufer von der Haupt-Cordillere unterbrochen, so dafs weiter nach Norden nur die Andes noch ihren hervorragenden Charakter beibehalten, dagegen der Theil zwischen diesen und dem Meere unregelmäfsig von Bergen bedeckt wird. Von diesen Ausläufern erstreckt sich einer bis nahe an die Küste und bildet in einer Entfernung von 8 Leguas von letzterer einen 1840 Meter hohen fast isolirt stehenden Berg, die s. g. Campana de Quillota (Quillota ist ein Städtchen am Fufse dieses Berges), dessen Umrifs eben

die nebenstehende Figur andeutet. Von Valparaiso aus gesehen, erscheint der ebene Rücken sehr scharf begränzt, und an diesem beobachtete ich nun im vorigen Jahre von Valparaiso aus ein wunder-

liches Schauspiel. Gegen 9 Uhr Abends zeigte sich an dem Punkt *a* ein Blitz, welcher sich schlängelnd über den Rücken hinlief und am Ende *b* verschwand. Die Erscheinung beobachtete ich wohl eine Stunde lang, indem sie sich in Intervallen von 10 zu 10 Minuten wiederholte und bald von *a*, bald von *b* ausging. Nachher habe ich von einer sehr glaubwürdigen Person gehört, dafs sich die erwähnte Erscheinung in den Monaten December und Januar gar nicht selten an der Campana zeigt.

Ich denke mir, dafs nach Sonnenuntergang die die Campana berührenden Luftschichten abgekühlt werden, und dann ein Austausch der Erd- und Luftelektricität stattfindet. Ueberhaupt mufs die Spannung der atmosphärischen Elektricität in den Pampas der argentinischen Provinzen und in Bolivia eine aufserordentliche seyn, wenn man den Erzählungen der Reisenden trauen darf, die diesen Theil von Südamerika besucht haben und von denen ich Ihnen gelegentlich einige Proben mittheilen werde. Das starke Wetterleuchten habe ich selbst während meines kurzen Aufenthalts in Peru beobachtet.

XVII. *Beobachtungen über Fluorescenz; vom Fürsten von Salm-Horstmar.*

Um die Verhältnisse der Fluorescenz zu studiren, liefs ich einen viereckigen kleinen Kasten von dunkelblauem Scheibenglas (Kobaltglas) machen, dessen vordere Wand fortgenommen werden konnte.

Legt man in diesen Glaskasten einen Würfel von Uranglas auf schwarze Unterlage, so erscheint das Uranglas *nicht* mit grüner, sondern mit lebhaft *schwefelgelber* Fluorescenz, wenn die offene Seite des Kastens dem Beobachter zugekehrt ist, so dafs das directe Tageslicht sowohl

als auch das zerstreute Licht (von rechts nach links) nur durch das blaue Glas auf das Uranglas gelangen kann. — Das gelbe Fluorescenzlicht ist nun so lebhaft, dafs es daneben liegende Körper gelb beleuchtet, und betrachtet man das gelbe *Spiegelbild* des Würfels in der blauen Glaswand rechts oder links durch ein Nicol, so läfst sich sehr schön beobachten, dafs das Fluorescenzlicht hier polarisirt ist, denn das gelbe Bild verschwindet und erscheint beim Drehen des Nicols. Am schönsten ist die Erscheinung, wenn man ein parallelepipedisches Lineal von Uranglas aufrecht gegen eine der Glaswände anlehnt.

Hält man aber ein Stück von demselben blauen Tafelglas, woraus der Glaskasten besteht, vor das Auge, — so wird man sehr überrascht durch das *Verschwinden* der Fluorescenz, denn der Uranglaswürfel, der direct gesehen wie opaker Schwefel erschien, erscheint nun als durchsichtiger Glaswürfel von sehr matt röthlich gelber Färbung.

Diese Erscheinung hat etwas sehr interessant Widersprechendes, denn Absorption ist es nicht, weil die Fluorescenz vollständig bleibt, wenn man unmittelbar um den Uranglaswürfel *ein zweites* Kästchen von demselben blauen Glase bildet (nur auf der Seite des Beobachters offen).

Die Erscheinung widerspricht wenigstens sehr der Theorie über das gemeine weifse Licht, denn wenn weifses Licht *als solches* durch ein Glas hindurch geht, so gehen auch seine farbige Lichtarten, aus denen es besteht, durch dasselbe zweite Glas; aber bei obiger Erscheinung geht ein isolirter Bestandtheil nicht wieder durch dasselbe Glas, — gleichsam als wäre er polarisirt worden und doch zeigt das Nicol keine Spur von Polarisation, wenn man das Fluorescenzlicht direct untersucht.

Betrachtet man die gelben Fluorescenzstrahlen, indem man vor das Auge ein Planglas von Uranglas hält, so bleibt die Fluorescenz ganz sichtbar, wenn auch das Glas einen Zoll dick ist.

Es scheint hieraus zu folgen, dafs diese Fluorescenzerscheinung in dem *Selbstleuchten* der Atome des Uranglases

liegt, welche hervorgerufen wird durch gewisse Strahlen des Sonnenlichts.

Coesfeld, am 1. Mai 1856.

XVIII. *Neuer Interferential-Refractor; von Jamin.*

(*Cosmos*, 1856, *No*, 10, *p.* 277.)

Der für Arago von den HH Soleil und Duboscq construirte Interferential-Refractor hat das Unbequeme, dafs er die interferirenden Strahlen nicht hinlänglich trennt und zu bewegliche Fransen giebt; wenn es möglich wäre, zwei sehr auseinanderliegende Strahlen zur Interferenz zu bringen, sie sehr breite, vollkommen feste Fransen bilden zu lassen, so würde man ein Instrument erhalten, welches der Physik sehr grofse Dienste leisten könnte. Dieses Problem glaube ich mit vieler Einfachheit gelöst zu haben.

Das Instrument, welches ich beschreiben will, ist eine Anwendung des Phänomens, welches unter dem Namen der Ringe dicker Platten bekannt ist. Ich nehme eine Parallelplatte von recht reinem Glase und irgend welcher Dicke, zerschneide sie in zwei Theile, befestige den einen auf einem Gestell und fange damit ein Bündel paralleler Strahlen auf. Einer besonders betrachtete dieser Strahlen zerfällt in eine Reihe von Fäden (*pinceaux*), reflectirt der erste an der ersten Oberfläche, der zweite an der zweiten, der dritte nach drei inneren Reflexionen u. s. w.; sie alle sind parallel und nehmen an Intensität mit der Zahl der Reflexionen ab, so dafs man nur die beiden ersten zu betrachten braucht. Diese beiden Strahlen sind von einander um eine Gröfse entfernt, welche proportional mit der Dicke der Platte wächst, wie klein oder grofs dieselbe auch sey. Diese beiden Strahlen pflanzen sich in der Luft fort; in

einer gewissen Entfernung fängt man sie mit der zweiten Hälfte der zerschnittenen Platte auf, die man der ersten parallel stellt. Alsdann reflectirt sich jedes dieser beiden Bündel an der ersten und zweiten Oberfläche der Platte, so dafs der ursprüngliche Strahl in vier Strahlen zerlegt wird. Allein es ist klar, dafs zwei dieser Strahlen einander decken, nämlich: 1) der, welcher an der Vorderfläche der ersten und an der Hinterfläche der zweiten Platte reflectirt worden ist, und 2) der, welcher die Reflexion an der Hinterfläche der ersten, und an der Vorderfläche der zweiten erlitten hat. Diese Strahlen decken einander nicht nur in Richtung, sondern sind auch gleich an Intensität; sie haben gleiche Dicken von Luft und Glas durchlaufen, und sind übereinstimmend. Es giebt also zwei Strahlen, die von der ersten Platte reflectirt werden, parallel sind, von einander um irgend welche Gröfse abstehen, und durch ihre Reflexion an der zweiten Platte einander genau decken und übereinstimmend (*concordants*) geworden sind.

Wenn die beiden Platten, statt genau parallel zu seyn, gegeneinander um eine wachsende Gröfse neigen, so decken die beiden interferirenden Strahlen sich nicht mehr genau. Wenn man den Gang der Strahlen näher verfolgt, erkennt man, dafs man, wenn die Gesammtheit der von der zweiten Platte reflectirten Strahlen mit dem Auge aufgefangen wird, parallele, abwechselnd dunkle und helle Fransen sehen mufs.

Die Erfahrung wie die Theorie zeigt, dafs die Fransen horizontal, oder vertical oder geneigt seyn können, eine beliebige Breite haben, sehr zusammen oder auseinander liegen, und wenn man will, gleichförmige Farben (*teintes plates*) geben können.

Es ist nicht nöthig, das einfallende Bündel zu begränzen; man kann mit der ersten Platte Wolkenlicht auffangen, das von der zweiten Platte reflectirte Bündel mit bloſsem Auge betrachten und sieht doch das entstandene Bild durchfurcht von Interferenzstreifen, völlig so wie man in der ganzen Ausdehnung des Reflexionsfeldes der Newton'schen Linsen die Farbenringe sieht. Es ist also ein Interferenz-

phänomen, dessen Erzeugung weder eine schmale, wohl orientirte Spalte, noch eine Lupe zur Auffangung der Fransen, noch irgend eine, bei Anwendung anderer Apparate nöthige minutiöse Vorkehrung erfordert. Diese Fransen sind überdiefs so breit wie man will und, in Folge der Solidarität der beiden reflectirenden Flächen, an jeder Platte von aufserordentlicher Festigkeit. Sie entspringen aus der Deckung zweier Strahlen, die in dem Zwischenraume der beiden Platten getrennt sind um eine Gröfse, die von der Dicke dieser Platten abhängt und ins Unbestimmte vergröfsert werden kann.

Die möglichen Anwendungen dieses Apparats sind nun folgende. Auf das erste Glas läfst man durch ein zweckmäfsiges Diaphragma ein paralleles Lichtbündel fallen, welches sich zu zwei an der ersten und zweiten Fläche reflectirten Bündeln verdoppelt. Man läfst beide durch zwei Röhren von beliebiger Länge gehen; sie decken einander nach der Reflexion an der zweiten Platte und geben Fransen. Verändert man die Natur oder den physischen Zustand der in den Röhren enthaltenen brechenden Mittel, so verschiebt man die Fransen. Dieser Apparat ersetzt also den von Hrn. Soleil so geschickt construirten Interferential-Refractor von Arago, und da er sehr breite, ganz feste Fransen von gleichförmigen Farben liefert, so hat er beträchtliche Vorzüge vor diesem.

Allein besonders zeichnet sich diefs Instrument dadurch aus, dafs man damit ungemein leicht sehr wichtige Untersuchungen machen kann. Man kann in der Bahn der interferirenden Strahlen zwischen den beiden Spiegeln irgend eine geradrandige Platte inmitten eines flüssigen oder gasigen Mediums anbringen, so dafs einer der interferirenden Strahlen die Platte streift, während der andere davon entfernt bleibt, und wenn in der Nähe der Platte eine physische oder chemische Modification eintritt, verräth sie sich durch eine Verschiebung der Fransen, am Rande des von dem opaken Körper geworfenen Schattens.

Ich will summarisch einige Beispiele anführen, die in besondern Abhandlungen entwickelt werden sollen.

I. Man stelle in die Bahn der Bündel einen Trog mit parallelen Seiten voll Wasser und tauche darin lösliche Platten; im Moment ihrer Eintauchung findet in der Geschwindigkeit des ihre Ränder streifenden Lichts eine Verringerung statt; darauf werden sie neutral, wenigstens wenn sie nicht chemisch vom Wasser angegriffen werden; so sieht man Zink, Blei und Eisen sich in Wasser lösen, wenn dasselbe lufthaltig ist. In anderen Lösungen vergrößern oder verringern gewisse Körper die Geschwindigkeit des Lichts an ihrem Contact. So wird im schwefelsauren Zink die Lichtgeschwindigkeit am Contact der eingetauchten Metalle vergrößert. Diese Vorgänge sind sehr mannigfaltig und hängen ab von der Natur des eingetauchten Körpers und von der der Lösungen. Man hat hierin ein Mittel, die schwächsten chemischen Wirkungen zu erkennen.

II. Wenn man durch irgend eine Lösung einen elektrischen Strom leitet, so ändert die Elektrolysation die Dichtigkeit und Lichtgeschwindigkeit am Contact der Elektroden; im schwefelsauren Kupferoxyd z. B. nimmt die Dichte am positiven Pol zu und am negativen ab. Der Apparat liefert ein Mittel, Veränderungen in der Natur der Flüssigkeit während ihrer chemischen Zersetzung zu entdecken.

III. Die geringste Temperaturveränderung verräth sich durch eine Abänderung der Fransen. Der Strom eines Ruhmkorff'schen Apparats, erregt durch ein einziges Bunsen'sches Element, z. B. erhöht fast augenblicklich die Temperatur des Wassers, welches er durchläuft. Die Erhöhung ist Null, wenn man das Wasser leitend gemacht hat.

IV. Taucht man in schwefelsaures Eisenoxydul die beiden fast bis zum Contact genäherten Armaturen eines Elektromagnets, und leitet einen Strom hindurch, so tritt in demselben Augenblicke eine Aenderung in dem Eisengehalt der Lösung ein. Das Eisensalz wird von den Polen

angezogen und häuft sich daselbst an, während das Wasser abgestofsen wird. Dieser Vorgang erweist sich durch eine Abänderung der Fransen.

V. Bringt man in eine Salzlösung einen schon gebildeten Krystall desselben Salzes, so zieht es das schon gelöste Salz aus beträchtlicher Entfernung an und concentrirt die Lösung; allein dicht an ihm selbst macht er die Lösung ärmer, indem er die Salztheilchen mit sich vereinigt. Diefs ist ein Mittel das Phänomen der Krystallisation zu verfolgen.

Fig. 18 Taf. III giebt eine Idee von dem Apparat. *AB*, *ED* sind zwei dicke Platten oder Brewster'sche Spiegel, parallel aufgestellt, wie beim Zerleger des Hrn. Delezenne. *SJ* ist der einfallende Strahl, der in zwei Bündel zerfällt, *SJDEF* wird in *J* reflectirt, gelangt nach *C*, dringt ein in die zweite Platte, wird in *D* an der Hinterfläche reflectirt, geht nach *E*, tritt aus und biegt sich nach *EF*. Der zweite Bündel *SJABEF* dringt in die erste Platte ein, wo er an deren Hinterfläche bei *A* reflectirt wird, gelangt nach *B*, tritt aus, bricht sich, geht nach *E*, wird an der Vorderfläche der zweiten Platte nach *EF* reflectirt, vereinigt mit dem ersten Bündel. In dieser Richtung beobachtet man. *F*, *F'* sind die beiden in die Bahn der Strahlen gestellten Röhren.

XIX. *Ueber die latente Wärme der Dämpfe; von Hrn. Legrand,*

Professor der Astronomie an der Fakultät der Wiss. zu Montpellier.

(*Compt. rend. T. XLII. p.* 213.)

Wir berechnen die latente Wärme der Dämpfe schlecht, weil wir die specifische Wärme derselben nicht in Betracht ziehen; diefs verhindert uns das hier stattfindende sehr einfache Gesetz wahrzunehmen. Wir denken uns nämlich, oft ohne es zu sagen, dafs sich der Dampf verdichte bei

der Temperatur, bei welcher er in das Schlangenrohr eintritt, und wir stellen die Formel so auf, wie wenn er von diesem Moment an dieselbe Wärmemenge besäfse wie ein gleiches Gewicht der Flüssigkeit bei derselben Temperatur. Allein man mufs erwägen, dafs im Moment, wo er seinen Aggregatzustand ändert, er auch plötzlich seine specifische Wärme ändert und eine viel stärkere annimmt. Behandelt man den Dampf, wie wenn er eine Flüssigkeit von derselben Temperatur wäre, so schreibt man ihm mehr freie Wärme zu, als er im Dampfzustand besitzt, und diesen Ueberschufs nimmt man der latenten Wärme, die man demzufolge zu gering findet.

Mir scheint, man mufs folgendermafsen verfahren. Seyen t, m, c, Temperatur, Gewicht und specifische Wärme des gesättigten Dampfs; t', m', c' anfängliche Temperatur, Gewicht und specifische Wärme der zur Verdichtung angewandten Flüssigkeit (das Schlangenrohr mitbegriffen); endlich t'' die Final-Temperatur dieser Flüssigkeit nach geschehener Verdichtung, und x die latente Wärme der Gewichts-Einheit des Dampfs. Nach der Verdichtung ist $m+m'$ die Masse der Flüssigkeit und $(m+m')c't''$ die Wärmemenge derselben über Null. Sie besteht aus dem, was sie zuvor war, $m'c't'$, plus der freien Wärme mct über demselben Punkt, plus der latenten Wärme mx. Man hat also

$$mct+mx+m'c't'=(m+m')c't''$$

woraus für die latente Wärme der Gewichts-Einheit:

$$x=\frac{m'c'}{m}(t''-t')-ct+c't'',$$

und für die gesammte Wärme:

$$x+ct \text{ oder } X=\frac{m'c'}{m}(t''-t')+c't''.$$

Nach der gewöhnlichen Schlufsfolge hätte man für die latente Wärme:

$$y=\frac{m'c'}{m}(t''-t')-c't+c't''$$

und für die gesammte Wärme

$$y+c't \text{ oder } Y=\frac{m'c'}{m}(t''-t')+c't''.$$

für die gesammte Wärme fallen die Formeln zusammen, für die latente Wärme gehen sie auseinander; allein gerade diese scheint einem sehr einfachen Gesetz zu folgen. Man sieht wohl, ich setze die sich condensirende Flüssigkeit als von gleicher Natur voraus, wie die, von welcher der Dampf aufsteigt: man sieht auch, dafs ich die Temperatur-Wärme des Dampfs von Null aus zähle. Es hält nicht schwer, die Formeln so abzuändern, dafs man von irgend einer anderen Temperatur zählt; allein der von mir gewählte Ausgangspunkt scheint den Vorzug zu haben, wenigstens für Wasserdampf, den ich besonders im Auge habe.

Um die Formel der latenten Wärme auf Wasserdampf anzuwenden, kann man nichts besseres thun, als die Resultate oder die Formel des Hrn. Regnault nehmen. Indem er t die Temperatur des Dampfs und l die Gesammtwärme der Gewichts-Einheit nennt, findet er, dafs von 0° bis 230° die Versuche am genügendsten mit der Formel übereinstimmen:

$$l = 606{,}5 + 0{,}305\,t \text{ oder } l = 0{,}305\,(1988{,}5 + t).$$

Um daraus die latente Wärme herzuleiten, mufs man ct von l abziehen. Nun kann c hier weder die specifische Wärme unter constantem Druck, noch die bei constantem Volum seyn; denn sie können nicht genommen werden, ohne den Dampf entweder in den Gaszustand oder theilweis in den Flüssigkeitszustand übergehen zu lassen. Für die den Raum sättigenden Dämpfe, welche weder Gase noch Flüssigkeiten sind, giebt es keine andere specifische Wärme als die von Hrn. Regnault aufgestellte und definirte [1]), nämlich die Wärmemenge, welche man 1 Kilogrm. gesättigten Dampf hinzufügen mufs, um seine Temperatur um 1 Grad zu erhöhen, wenn man ihn zugleich so weit zusammendrückt, dafs er im Sättigungszustand bleibt, oder anders gesagt, es ist $\frac{dl}{dt}$ oder 0,305. Zieht man nun $0{,}305\,.\,t$ von l ab, so bleibt 606,5, d. h. *die latente Wärme*, berechnet wie ich

1) *Recherches etc. T.* I. *p.* 727. (Ann. Bd. 78, S. 562.)

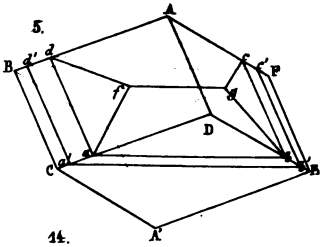
es auseinander gesetzt, ist constant. Dem Wortlaut nach, ist es das Gesetz von Southern, aber in Wahrheit ist es davon verschieden. Verstanden, wie ich es hier thue, scheint mir, dafs es als eine sehr legitime Deduction oder Interpretation der Regnault'schen Versuche angesehen werden mufs. Es bleibt noch zu sehen, ob es auch für andere Flüssigkeiten gelte.

Wichtig aber ist zu bemerken, dafs die Zahl für die latente Wärme ganz abhängt von dem Punkte, von dem aus man die Temperaturwärme ct zählt. Sie ist 606,5, wenn man diese von dem üblichen Nullpunkte zählt, ist 637, wenn man von 100° zählt, und ist 0, zählt man von — 1988°,5, wie man sogleich aus dem zweiten Ausdruck von l ersieht. Im letzteren Falle ist der Ausgangspunkt gleichsam der absolute Nullpunkt für den Dampf. Es giebt dann keine latente Wärme mehr, sondern blofs Temperaturwärme. Der Ausdruck latente Wärme wurde nur eingeführt durch den Vergleich des Dampfes mit der ihn liefernden Flüssigkeit. Soll er einen scharfen Sinn haben, müfste es eine bekannte Temperaturgränze geben, unterhalb welcher sich der Dampf nicht mehr bildete. Man würde diese Gränze zum Anfangspunkt der Temperaturen des Dampfes nehmen, und, wenn dieser bei jeglicher Temperatur entstände, hätte man in der Wärme, welche er der Flüssigkeit nimmt, zwei Theile zu unterscheiden. Der eine wäre der, den er gebrauchte, um als Dampf, der bei der Gränztemperatur den Raum sättigt, zu existiren, und der andere der, welcher ihm die Temperatur der Flüssigkeit giebt. Der erstere wäre die latente Wärme, der zweite die Temperaturwärme, verstanden wie oben. In Abwesenheit einer solchen Gränze behält der Ausdruck für die latente Wärme etwas Unbestimmtes, das man nur entfernen kann, wenn man eine willkührliche annimmt. Die des Nullpunktes scheint sehr zweckmäfsig, besonders beim Wasserdampf.

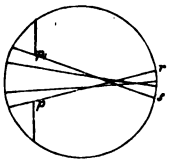
Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

Taf. III.

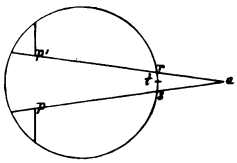
5.



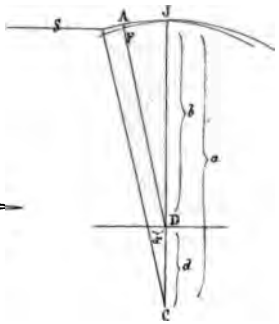
7.



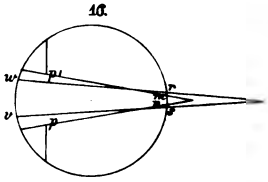
14.



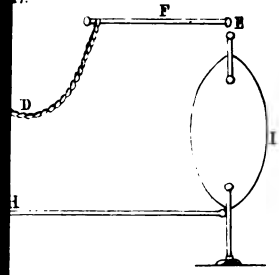
15.



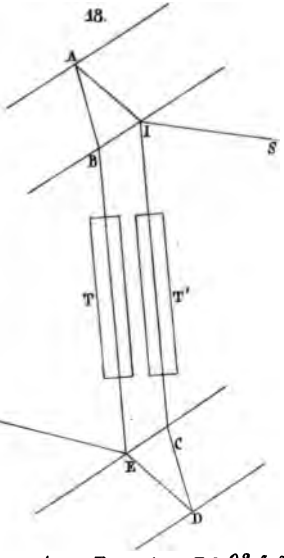
16.



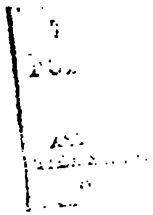
17.



18.



20.



1856. ANNALEN No. 7.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XCVIII.

I. *Die brechbarsten oder unsichtbaren Lichtstrahlen im Beugungsspectrum und ihre Wellenlänge; von W. Eisenlohr.*

Schon seit mehreren Jahren wende ich zur objectirten Darstellung der Beugungserscheinungen folgendes Verfahren an, welches vielleicht noch Wenigen bekannt und noch nirgends beschrieben ist. An dem Fensterladen eines verfinsterten Saales ist der Heliostat befestigt, den man, je nach dem Zweck, mit einer beliebigen Oeffnung versieht. Der durch ihn horizontal geleitete Lichtstrahl fällt in einem Meter Abstand auf einen feinen verticalen Spalt s oder nach Bedarf auf eine kreisförmige Oeffnung, einen doppelten Spalt, und dergleichen. In ohngefähr 4 bis 12 Meter Entfernung von s, welche A heifsen mag, ist ein achromatisches Objectivglas von 3 Meter Brennweite, in dem runden Loch eines hölzernen Schirmbretts befestigt, dessen Ebene senkrecht zu dem einfallenden Lichtstrahl ist. An dieses Brett können Scheiben mit Gittern verschiedener Art unmittelbar vor dem Objectivglas befestigt werden. In einer, der Entfernung A und der Brennweite des Objectivglases F entsprechenden Vereinigungsweite B, die 12 bis 4 Meter betragen kann, ist ein weifser oder durchsichtiger Schirm aufgestellt, auf welchen sich das deutliche Bild des Spaltes s projiciren mufs, ehe man ein Gitter vor dem Objectivglas befestigt. Nachdem man die richtige Entfernung für die Vereinigungspunkte gefunden hat, stellt man den Schirm genau senkrecht zum Lichtstrahl und bringt nun vor dem Objectivglas auf der Seite gegen den Spalt s das Beugungsgitter an. Auf diese Art erhält man Spectra von aus-

gezeichneter Gröfse und Schönheit, besonders wenn die Oeffnungen sehr eng und zahlreich sind.

Vertritt z. B. die Stelle des Spalts *s* eine kreisförmige Oeffnung und besteht das Beugungsgitter aus einem Planglas, welches auf die bekannte Weise mit etwas Fett und Bärlappsamen bedeckt ist, so kommt auf dem Schirm ein Licht wie der Vollmond mit 4 bis 5 farbigen Höfen oder Kreisen zum Vorschein. Die schönen Erscheinungen durch zwei unter einem beliebigen Winkel sich kreuzenden Stabgitter, Drahttuch, Musselin, Seidenband, Schachbrettgitter, mehrere Reihen von dreieckigen oder kreisförmigen Oeffnungen, Punktirpapier mit vielen Löchern, Herschel's Gitter, Vogelfedern und dergleichen, welche Schwerd in seinem klassischen Werk über die *Beugungserscheinungen* beschrieben und berechnet hat, lassen sich auf diese Art so darstellen, dafs Mehrere sie zugleich sehen können, während man sonst ein Fernrohr dazu braucht.

Es ist indessen hier meine Absicht nicht, auf eine nähere Beschreibung solcher Versuche einzugehen; ich will vielmehr nur bei denjenigen Erscheinungen verweilen, welche durch ein Gitter aus zahlreichen parallelen Oeffnungen bestehend, hervorgebracht werden. Das Gitter, welches ich besitze, ist ein Werk von Freundeshand. Auf ein mit Rufs und Firnifs überzogenes Planglas von 54^{mm} Länge hat Schwerd 1440 parallele Linien von 13^{mm} Länge mit aufserordentlicher Genauigkeit gezogen. Der Abstand von der Mitte einer Oeffnung oder Linie zur Mitte der andern beträgt $0{,}0375^{mm}$; die Breite jeder Oeffnung ist ohngefähr $0{,}0116^{mm}$. Die Wirkung eines solchen Gitters ist durch die Figur 1 Taf. IV versinnlicht. *ab* sey die Länge desselben, *de* das Objectivglas. Das senkrecht auf *ab* fallende Licht erregt alle in den Gitteröffnungen befindlichen Aethertheilchen zu gleicher Zeit und auf gleiche Art. Dadurch entstehen unzählige gekreuzte Strahlen nach allen möglichen Richtungen wie *ad*, *be* u. s. w. Die zu *ad* parallelen Strahlen werden durch das Objectivglas *de* in *m*, die mit *be* parallelen Lichtbüschel in *n* vereinigt, und so die übri-

gen Büschel in anderen Punkten der Ebene *mn*. Das dort entstehende Spectrum kann auf einem durchsichtigen Schirm oder einer weifsen Wand, aber auch auf Glaströgen mit fluorescirenden Flüssigkeiten oder auf Papier, welches damit imprägnirt ist, oder auf einem Lineale von Uranglas, so wie auf photographischem Papier aufgefangen werden. Im ersten Fall sieht man die stärksten der Fraunhofer'schen Linien in dem links und rechts von der Mitte *M* Fig. 2 Taf. IV entstandenen ersteren Spectrum S^1 und dem zweiten Spectrum S'' zwischen den glänzendsten Farben. Die Spectra S^1 und S'' sind durch einen dunkeln Raum getrennt, der unbestimmt begränzt ist. Ebenso ist der dunkle Raum zwischen dem Violett bei *H* des Spectrums S^1 und der Mitte *M*, da wo das Violett in unsichtbares Licht übergeht, unbestimmt begränzt. Bringt man aber an die Stelle des nicht fluorescirenden Schirms eins der obigen fluorescirenden Mittel, so werden die inneren Spectra S^1 deutlich gegen die Mitte hin und beide sind, wie in Fig. 3 Taf. IV bei *u*, *vollkommen scharf und bestimmt begränzt*. Auch auf dem photographischen Papier ist diese Verlängerung wahrnehmbar, wenn der Lichteindruck hervorgerufen wird. Ich konnte aber bis jetzt keine hinreichende Anzahl photographischer Abbildungen machen, weil gleich nachdem ich die ersten Beobachtungen angestellt, ungünstiges Wetter eintrat und bisher angehalten hat. Sobald die Umstände wieder günstiger seyn werden, will ich auch photographische Abbildungen des Spectrums anfertigen und ich zweifle nicht, dafs die ersten Spectra S^1 ebenfalls auf der Seite der brechbarsten Strahlen deutlich begränzt seyn werden.

Die scharfe Begränzung des ersten Spectrums S^1 auf Seiten der brechbarsten Strahlen brachte mich natürlich auf den Gedanken, die Wellenlänge zu bestimmen, welche der äufsersten, durch den fluorescirenden Körper zum Vorschein kommenden Gränze *u* des Spectrums entspricht. Ich bemerkte bald, dafs dieses Spectrum auf einem mit schwefelsaurem Chinin bestrichenen Papier länger ist, als auf dem Uranglase und einigen anderen fluorescirenden Substanzen

habe aber nicht alle untersuchen können, und beschränke mich darum vorläufig auf das Spectrum, wie es auf Chininpapier oder einer Lösung von Chinin zum Vorschein kommt. Die Wellenlänge λ der in einem beliebigen Punkt des ersten Spectrums zum Vorschein kommenden Lichtgattung ergiebt sich aber aus dem Abstand Δ dieses Punktes von der Mitte M des Spectrums und aus dem Abstand e, welchen die Gitteröffnungen von einander haben, durch die Formel

$$\lambda = e \sin \psi,$$

wo ψ die Neigung des Hauptstrahls, der in dem Abstand Δ von der Mitte vereinigten Strahlen gegen das senkrecht einfallende Licht ist.

Diese einfache Formel geht hervor aus Schwerd's ganz allgemeiner Untersuchung (Beugungserscheinungen S. 86 No. 104) der Erscheinungen, welche ein homogener Lichtpunkt zeigt, wenn man denselben durch eine oder mehrere Reihen von gleichen und gleichweit von einander entfernten Oeffnungen betrachtet und annimmt, dafs parallele Büschel durch das Fernrohr zu einem einzigen Bilde vereinigt werden. Der Einfachheit wegen wird vielleicht die Darstellung der Theorie dieses *besonderen Falles* manchem Leser nicht unwillkommen seyn. Ich lege die gewöhnliche Bezeichnung, die auch Beer in seinem trefflichen Buche über *höhere Optik* gewählt hat, zu Grunde, so wie ich die Kenntnifs dessen voraussetze, was dort über die Zerlegung eines Wellensystems in mehrere andere mitgetheilt ist, obgleich er die Beugung nicht darin abgehandelt hat. Was für die Elongation gilt, gilt bekanntlich auch für die Oscillationsgeschwindigkeit, wenn man statt der Amplitude die Vibrations-Intensität setzt, weil die Vibrationsgeschwindigkeiten zweier gleichen Wellensysteme ebenso addirt werden wie ihre Elongationen, und sich die Amplituden wie die Vibrations-Intensitäten verhalten.

Fällt ein homogener Lichtbüschel $paqb$ Fig. 4 Taf. IV senkrecht auf die Oeffnung ab, so kann man die Vibra-

tionsgeschwindigkeit jedes Aethertheilchens in dieser Oeffnung durch

$$y = p \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$$

ausdrücken, wenn p die Vibrations-Intensität, v die Geschwindigkeit des Lichtes, t die Zeit, welche seit dem Moment verflossen ist, in welchem die Aethertheilchen der Lichtquelle zu vibriren angefangen haben, x der Abstand dieser Lichtquelle von der Oeffnung ab, und λ die Wellenlänge dieser Lichtgattung ist. Man kann sich dabei vorstellen, es sey einfachstes, also homogenes, nur in *einer* Ebene polarisirtes Licht. — Was alsdann für *eine* Polarisationsebene gilt, gilt für alle und folglich auch für ihre Gesammtheit.

Betrachtet man nun nach dem Huyghens'schen Princip jedes Aethertheilchen in der Oeffnung ab als den Mittelpunkt einer Welle, so ergiebt sich für irgend ein Aethertheilchen e in der Richtung des gebeugten Strahles dg, welcher mit dem einfallenden Licht ap den Winkel ψ bildet, die gleichzeitige Oscillations-Geschwindigkeit auf folgende Weise: Indem die zu de senkrechten Schwingungen von e später anfangen als die von d, weil das Aethertheilchen e um den Weg $de - db \sin \psi$ von ihm vorwärts liegt, so ist seine Oscillations-Geschwindigkeit:

$$y = p \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x - db \sin \psi).$$

Denkt man sich nun, dafs alle Aethertheilchen in der rectangulären Oeffnung ab gleichen Abstand von einander haben, und dafs der Breite ab nach, die Zahl derselben durch $n+1$, der Höhe nach durch $m+1$ ausgedrückt sey, und ist die Breite der Oeffnung gleich a, so ist auf ab der Abstand db für das erste Aethertheilchen bei b gleich $= \frac{1}{2} \frac{a}{(n+1)}$, für das zweite $= \frac{3}{2} \cdot \frac{a}{n+1}$ und für das $z$te ist $db = \frac{2z-1}{2} \cdot \frac{a}{n+1}$. Bezeichnet man darum die Oscillations-Geschwindigkeit der einzelnen Aethertheilchen auf bc,

der Folge nach, für das erste, zweite, dritte u. s. w. von b an gerechnet durch $y_1, y_2, y_3 \ldots y_{n+1}$, so ist

$$y_1 = p \sin \frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - \tfrac{1}{2} \cdot \frac{a}{n+1} \cdot \sin\psi\right)$$

$$y_2 = p \sin \frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - \tfrac{3}{2} \cdot \frac{a}{n+1} \cdot \sin\psi\right)$$

$$y_3 = p \sin \frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - \tfrac{5}{2} \cdot \frac{a}{n+1} \cdot \sin\psi\right)$$

$$\vdots$$

$$y_{n+1} = p \sin \frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - \frac{2n+1}{2} \cdot \frac{a}{n+1} \cdot \sin\psi\right)$$

Findet nun die Vereinigung aller dieser Systeme in einer beliebigen Entfernung $eg = \delta$, die aber für alle gleich ist, statt, so ist die resultirende Oscillations-Geschwindigkeit in g, gleich der Summe der Oscillations-Geschwindigkeiten

$$y_1 = p \sin \frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - \delta - \tfrac{1}{2} \cdot \frac{a}{n+1} \sin\psi\right)$$

$$y_2 = p \sin \frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - \delta - \tfrac{3}{2} \cdot \frac{a}{n+1} \sin\psi\right)$$

$$y_3 = p \sin \frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - \delta - \tfrac{5}{2} \cdot \frac{a}{n+1} \sin\psi\right)$$

$$\vdots$$

$$y_{n+1} = p \sin \frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - \delta - \frac{2n+1}{2} \cdot \frac{a}{n+1} \sin\psi\right)$$

Jedes Wellensystem von der Form

$$y_m = p \sin \frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - \delta - \frac{2m-1}{2} \cdot \frac{a}{n+1} \sin\psi\right)$$

läfst sich in zwei andere in der nämlichen Ebene schwingende Systeme von der Vibrations-Intensität $\frac{p}{\sqrt{2}}$ zerlegen, von denen das eine dem y_m um $\frac{\lambda}{8}$ nachfolgt, das andere um $\frac{\lambda}{8}$ vorausgeht. Diese beiden Systeme sind:

$$w_m = \frac{p}{\sqrt{2}} \sin \frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - \delta - \frac{2m-1}{2} \cdot \frac{a}{m+1} \sin\psi + \frac{\lambda}{8}\right)$$

$$s_m = \frac{p}{\sqrt{2}} \sin \frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - \delta - \frac{2m-1}{2} \cdot \frac{a}{m+1} \sin\psi - \frac{\lambda}{8}\right)$$

Umgekehrt vertritt auch die Summe zweier solcher Systeme w_m und z_m wieder das erste y_m. Setzt man nun

$$\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt-x-\delta+\frac{\lambda}{8}\right)=V_1,$$

$$\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt-x-\delta-\frac{\lambda}{8}\right)=V_2,$$

$$\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{a}{n+1}\sin\psi=i \text{ und } \frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{a}{n+1}\sin\psi=u,$$

so werden alle obigen Systeme, indem man für m die Werthe 1, 2, 3 .... $n+1$ einführt, ausgedrückt durch:

$$y_1 = \frac{p}{\sqrt{2}}\sin(V_1-i)+\frac{p}{\sqrt{2}}\sin(V_2-i)$$

$$y_2 = \frac{p}{\sqrt{2}}\sin(V_1-i-u)+\frac{p}{\sqrt{2}}\sin(V_2-i-u)$$

$$y_3 = \frac{p}{\sqrt{2}}\sin(V_1-i-2u)+\frac{p}{\sqrt{2}}\sin(V_2-i-2u)$$

$$\vdots$$

$$y_{n+1}=\frac{p}{\sqrt{2}}\sin(V_1-i-nu)+\frac{p}{\sqrt{2}}\sin(V_2-i-nu)$$

und wenn man die Klammern auflöst, so wird:

$$y_1 = \frac{p}{\sqrt{2}}(\sin V_1\cos i+\cos V_1\sin i+\sin V_2\cos i+\cos V_2\sin i)$$

$$y_2 = \frac{p}{\sqrt{2}}(\sin V_1\cos(i+u)+\cos V_1\sin(i+u)+\sin V_2\cos(i+u)+\cos V_2\sin(i+u)]$$

$$y_{n+1}=\frac{p}{\sqrt{2}}[\sin V_1\cos(i+nu)+\cos V_1\sin(i+nu)+\sin V_2\cos(i+nu)+\cos V_2\sin(i+nu)]$$

weil aber

$$\cos i+\cos(i+u)+\ldots\cos(i+nu)=\frac{\sin\left(\frac{n+1}{2}\right)u.\cos\left(i+\frac{nu}{2}\right)}{\sin\frac{u}{2}}$$

und

$$\sin i+\sin(i+u)+\ldots\sin(i+nu)=\frac{\sin\left(\frac{n+1}{2}\right)u.\sin\left(i+\frac{nu}{2}\right)}{\sin\frac{u}{2}},$$

so ist die Summe aller dieser Oscillations-Geschwindigkeiten oder

$$\Sigma(y_{n+1}) = \frac{p}{\sqrt{2}} \frac{\sin\left(\frac{n+1}{2}\right)u}{\sin\frac{u}{2}} \Big[\sin V_1 \cos\left(i+\frac{nu}{2}\right) + \cos V_1 \sin\left(i+\frac{nu}{2}\right) + \sin V_2 \cos\left(i+\frac{nu}{2}\right) + \cos V_2 \sin\left(i+\frac{nu}{2}\right)\Big]$$

$$= \frac{\sin\left(\frac{n+1}{2}\right)u}{\sin\frac{u}{2}} \Big[\frac{p}{\sqrt{2}} \sin\left(V_1+i+\frac{nu}{2}\right) + \frac{p}{\sqrt{2}} \sin\left(V_2+i+\frac{nu}{2}\right)\Big].$$

Die beiden in Klammern stehenden Systeme sind, wenn man die Werthe von V_1, V_2, i und u wieder einführt, nur um $+\frac{\lambda}{8}$ und $-\frac{\lambda}{8}$ verschieden und vereinigen sich deshalb wieder zu dem einzigen System:

$$\Sigma(y_{n+1}) = p \frac{\sin\left(\frac{\pi}{\lambda} a . \sin\psi\right)}{\sin\left(\frac{\pi}{\lambda} \cdot \frac{a}{n+1} \cdot \sin\psi\right)} . \sin\Big[\frac{2\pi}{\lambda}\Big(vt - x - \delta - \frac{a}{2}\sin\psi\Big)\Big].$$

Wegen der Kleinheit des Nenners kann man aber für $\sin\left(\frac{\pi}{\lambda} \cdot \frac{a}{n+1} . \sin\psi\right)$ den Bogen selbst setzen; dann wird

$$\Sigma(y_{n+1}) = (n+1)\, p \frac{\sin\left(\frac{\pi}{\lambda} a \sin\psi\right)}{\frac{\pi}{\lambda} a \sin\psi} . \sin\Big[\frac{2\pi}{\lambda}\Big(vt - x - \delta - \frac{a}{2}\sin\psi\Big)\Big].$$

Dieses ist also die Oscillations-Geschwindigkeit des aus *einer* Reihe von $n+1$ Aethertheilchen resultirenden Systems; durch die ganze Oeffnung, welche $m+1$ solche Reihen hat, wird darum die Summe aller oder

$$\Sigma y_{(m+1)(n+1)} = (m+1)(n+1)p \frac{\sin\left(\frac{\pi}{\lambda} a \sin\psi\right)}{\frac{\pi}{\lambda} a \sin\psi} \times$$
$$\sin\left[\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - \delta - \frac{a}{2}\sin\psi\right)\right].$$

Die Vibrations-Intensität des resultirenden Systems ist demnach

$$(m+1)(n+1)p \frac{\sin\left(\frac{\pi}{\lambda} a \sin\psi\right)}{\frac{\pi}{\lambda} a \sin\psi}.$$

Wenn man nun die Vibrations-Intensität des der Oeffnung ab auf dem Schirm senkrecht gegenüberliegenden Bildes gleich *Eins* setzt, so ist die Vibrations-Intensität jedes anderen, durch den unter dem Winkel ψ geneigten Büschel, entstehenden Bildes

$$\text{I.} \quad A = \frac{\sin\left(\frac{\pi}{\lambda} a \sin\psi\right)}{\frac{\pi}{\lambda} a \sin\psi}.$$

Die Lichtstärke aber entspricht dem Quadrat dieser Vibrations-Intensität und die Oscillations-Geschwindigkeit wird durch

$$\text{II.} \quad u = A \sin\left[\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - \delta - \frac{a}{2}\sin\psi\right)\right]$$

ausgedrückt.

Fällt nun ein Lichtstrahl $apbq$ Fig. 5 Taf. IV senkrecht auf ein Gitter ab von $z+1$ Oeffnungen, so werden, wie oben gezeigt worden, alle mit der Richtung eines gebeugten Büschels ac parallelen Büschel durch das Objectivglas in einem Punkt g wieder vereinigt. Die Vibrations-Geschwindigkeit in diesem Punkt ist alsdann die Summe der Vibrations-Geschwindigkeiten, welche von den einzelnen Büscheln nach der Formel II bestimmt sind. Es sind also nur die Werthe von δ für die einzelnen Büschel zu bestimmen, wenn die Breite der Oeffnungen wie früher durch a und die Neigung des gebeugten Strahls gegen das senkrecht einfallende Licht durch ψ bezeichnet wird.

Zieht man durch b eine Linie bc senkrecht zu dem gebeugten Strahl ac, so ist der Abstand eines in der Mitte der Oeffnung u liegenden Aethertheilchens von der Linie bc oder $uw = uv + vw = \frac{a}{2}\sin\psi + d$. Der Werth von vw oder d ist aber für das Aethertheilchen in der Mitte der ersten Oeffnung bei b gleich Null, also $d_1 = 0$. Für das Aethertheilchen in der Mitte der zweiten Oeffnung ist der entstehende Werth von vw oder $d_2 = e\sin\psi$. Für das in der dritten Oeffnung ist $d_3 = 2e\sin\psi$ und für das in der letzten Oeffnung ist $d_{z+1} = ze\sin\psi$. Nun sind die Abstände des Vereinigungspunkts g von der Linie bc wieder als gleich anzusehen. Bezeichnet man darum den Abstand $p_1 g$ durch s, so erhält man die Werthe von δ für den ersten, zweiten, dritten Büschel durch $d_1 + s$, $d_2 + s$, $d_3 + s$, ... $d_{z+1} + s$, folglich durch $0 + s$, $e\sin\psi + s$, $2e\sin\psi + s$, ... $ze\sin\psi + s$. Führt man darum in die Formel II diese Werthe von δ nach einander ein, so erhält man die Vibrations-Geschwindigkeiten aller einzelnen Büschel in der Vereinigungsweite g. Bezeichnet man diese der Folge nach durch U_1, U_2, U_3 ... U_{z+1}, so ist:

$$U_1 = A\sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - s - \frac{a}{2}\sin\psi\right)$$

$$U_2 = A\sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - s - \frac{a}{2}\sin\psi - e\sin\psi\right)$$

$$U_3 = A\sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - s - \frac{a}{2}\sin\psi - 2e\sin\psi\right)$$

$$\vdots$$

$$U_{z+1} = A\sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - s - \frac{a}{2}\sin\psi - ze\sin\psi\right).$$

Die Summirung dieser Systeme geschieht auf dieselbe Weise wie oben, indem man nur

$$p = A, \quad i = \frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{a}{2}\sin\psi \quad u = \frac{2\pi}{\lambda}\cdot e\sin\psi,$$

$$V_1 = \frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - s + \frac{\lambda}{8}\right), \quad V_2 = \frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - s - \frac{\lambda}{8}\right)$$

und $n = z$ setzt.

Man erhält dadurch für die Summe aller U, nach erfolgter Reduction:

$$\Sigma(U_{z+1}) = A \frac{\sin\left((z+1)\frac{\pi e}{\lambda}\sin\psi\right)}{\sin\left(\frac{\pi e}{\lambda}\sin\psi\right)} \cdot \sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - s + \frac{a}{2}\sin\psi + ze\sin\psi\right).$$

Es ist also die resultirende Oscillations-Geschwindigkeit auch ausgedrückt durch

$$\text{III.} \quad \Sigma(U_{z+1}) = (z+1)A \frac{\sin\left((z+1)\frac{\pi e}{\lambda}\sin\psi\right)}{(z+1)\sin\left(\frac{\pi e}{\lambda}\sin\psi\right)} \times \sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - x - s + \frac{a}{2}\sin\psi + ze\sin\psi\right).$$

Die Vibrations-Intensität des resultirenden Lichtes ist darum, wenn man den Werth von A aus der Formel I wieder einführt, ausgedrückt durch

$$\text{IV.} \quad J = (z+1)\cdot\frac{\sin\left(\frac{\pi a}{\lambda}\sin\psi\right)}{\frac{\pi a}{\lambda}\sin\psi} \cdot \frac{\sin\left((z+1)\frac{\pi e}{\lambda}\sin\psi\right)}{(z+1)\sin\left(\frac{\pi e}{\lambda}\sin\psi\right)}.$$

Die Intensität des Lichtes oder das Quadrat von J hängt also von zwei Factoren ab. Nun erlangt der zweite Factor sein Maximum, wenn er gleich 1 wird. In diesem Fall mufs der Sinus des Bogens $(z+1)\frac{\pi e}{\lambda}\sin\psi$ gleich dem Bogen selbst seyn.

Es ist aber

$\sin\left((z+1)\frac{\pi e}{\lambda}\sin\psi\right)$ nur dann gleich $(z+1)\frac{\pi e}{\lambda}\sin\psi$

wenn $\frac{\pi e}{\lambda}\sin\psi = 0$, oder $\pm\pi$, $\pm 2\pi$, $\pm 3\pi$ ... $\pm m\pi$

ist. Für das mittelste Spectrum, wo $\psi = 0$, erhält man alsdann die Lichtstärke

$$J_1 = (z+1)^2.$$

Die Einheit dafür ist, nach dem früheren, die durch eine einzige Oeffnung hervorgebrachte. Das nächste Maximum, für welches $\frac{\pi e}{\lambda}\sin\psi = \pm\pi$ ist, hat die Lichtstärke

$$J_2^2 = (z+1)^2 \cdot \left(\frac{\sin\left(\frac{\pi a}{\lambda}\sin\psi\right)}{\frac{\pi a}{\lambda}\sin\psi} \right)^2$$

und hängt also von dem Verhältnifs von a zu e ab. In unserem Fall ist, wie ich bei der Beschreibung des benutzten Gitters gesagt, $a = 0{,}0116$ und $e = 0{,}0375$, genauer 0,03749, folglich a ohngefähr $\frac{1}{3}e$. Nimmt man diesen Werth dafür an, so wird also, wenn $\frac{\pi e}{\lambda}\sin\psi = \pm\pi$, folglich $\sin\psi = \pm\frac{\lambda}{e}$ ist, der Ausdruck für

$$J_2^2 = (z+1)^2 \left(\frac{\sin\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{e}{3}\cdot\frac{\lambda}{e}}{\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{e}{3}\cdot\frac{\lambda}{e}} \right)^2 = (z+1)^2 \left(\frac{\sin\frac{\pi}{3}}{\frac{\pi}{3}} \right)^2.$$

Der Werth von $\left(\frac{\sin\frac{\pi}{3}}{\frac{\pi}{3}} \right)^2$ ist aber gegen den Werth des zweiten Factors in IV, der jetzt $= i$ ist, verschwindend klein, und es läfst sich auf ähnliche Art leicht zeigen, dafs überhaupt selbst die Maxima von $\left(\frac{\sin\left(\frac{\pi a}{\lambda}\sin\psi\right)}{\frac{\pi a}{\lambda}\sin\psi} \right)^2$ gegen diejenigen des zweiten Factors verschwindend klein sind, so dafs man wegen der Lichtstärke, welche die Maxima des zweiten Factors auf dem Schirm hervorbringen, die andern gar nicht wahrnehmen kann. Um ein vollständiges Bild der entstehenden Spectra zu erhalten, müfste man die Intensitätscurve construiren, die man erhält, wenn man die gegebenen Werthe von e und a in die Formel IV einführt und alsdann auf die Abscissenlinie die steigenden Werthe

$\sin\psi = 0, \frac{\pi}{4}, \frac{2\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}$ u. s. w. aufträgt, die Ordi-

", dem diesen Werthen entsprechenden Werth

Formel IV gleich macht. Diefs ist aber hier

il wir schon gezeigt haben, dafs das erste

helle Spectrum dahin fällt, wo $\frac{\pi e}{\lambda}\sin\psi = \pm\pi$, folglich wo $\lambda = e\sin\psi$ ist.

Wenn nun der senkrechte Abstand des Schirmes von dem Objectivglas $= B$ und der Abstand des Punktes, wohin das erste helle Spectrum des gebeugten Lichtes von der Wellenlänge λ fällt, $= \Delta$ gesetzt wird, so ist

$$\text{tang}\,\psi = \frac{\Delta}{B}.$$

Bei meinen Versuchen erreichte ψ nur solche Werthe, bei denen man ohne Fehler den Sinus für die Tangente setzen kann, und darum ist auch

$$\lambda = e.\frac{D}{B} \qquad \lambda = e.\frac{\Delta}{B}.$$

Die Gröfse von Δ läfst sich auf dem Schirme oder der fluorescirenden Substanz, so wie auf dem photographischen Papier mit dem Zirkel messen. Schon aus diesem Grunde ist ein solcher Gitterversuch in Vorlesungen ungemein anregend, indem die Zuhörer selbst auf die leichteste Art die Wellenlänge jeder einfachen Farbe bestimmen können. Das genaueste Verfahren ist natürlich, dafs man den Abstand zweier gleichliegenden Punkte, rechts und links von der Mitte, mifst und für Δ die Hälfte davon nimmt.

So habe ich z. B. die Wellenlänge des bei der Linie *F* fehlenden oder dieselbe zunächst umgebenden Lichtes bestimmt, weil diese in dem ersten und zweiten Beugungsspectrum sich besonders deutlich zeigt. Für dieselbe war bei einer Messung $\Delta = 93^{mm}$ und $B = 7220^{mm}$, folglich $\lambda = 0{,}03749 \,.\, \frac{93}{7220} = 0{,}000483^{mm}$, während Fraunhofer durch sein Verfahren 0,000485 gefunden hat.

Auf dem Chininpapier ist wie oben gesagt, die Gränze des Spectrums gegen die Mitte hin so bestimmt, dafs man sie bis auf $\frac{1}{4}^{mm}$ genau angeben kann, wenn man den Abstand des äufsersten Randes der unsichtbaren oder der brechbarsten Strahlen links, von demselben Rande rechts, mifst und dazu die Breite des mittelsten Bildes addirt. Diese Correctur ist nothwendig, weil sich die Ränder auf beiden Seiten

um ebensoviel ausbreiten. Ist darum die Breite des Bildes von dem Spalt s auf dem Schirm gleich δ, so mufs man zu dem beobachteten Abstand Δ noch $\frac{\delta}{2}$ addiren. War die Weite des Spaltes $\frac{1}{7}^{mm}$, so betrug auch die Breite seines Bildes ebensoviel, wenn A und B nicht viel verschieden waren. Bei den dunkeln Linien Fraunhofer's ist diese Correction nicht nöthig, und bei den nachstehenden Beobachtungen ist sie bei dem angegebenen Werth von Δ schon angebracht.

Der Kürze wegen will ich nun die Wellenlänge der äufsersten Strahlen, für welche Δ den kleinsten Werth hat, und die folglich auf die Gränze des Unsichtbaren fallen durch λ_u, die Wellenlänge derer, welche an die innere Gränze des Sichtbaren fallen durch λ_v, derer, die an die äufsere, rothe Gränze des Sichtbaren fallen durch λ_r, und diejenigen, welche auf eine der Fraunhofer'schen Linien fallen, sey es auf F oder H, durch λ_f, λ_h ... bezeichnen.

Ebenso werde der Abstand, wohin die angegebenen Lichtarten von der Mitte des Spectrums fallen, entsprechend dem λ_u, λ_v, λ_r, λ_f, λ_h ... durch Δ_u, Δ_v, Δ_r, Δ_f, Δ_h bezeichnet

Zuerst suchte ich die Werthe von λ_u, indem ich annahm, dafs λ_f bekannt sey, durch die Gleichung $\frac{\lambda_u}{\lambda_f} = \frac{\Delta_u}{\Delta_f}$, und setzte für λ_f den obigen Werth $0{,}000485^{mm}$. Nachstehende Zahlen geben die beobachteten Werthe von Δ_u und Δ_f bei verschiedenen Gröfsen von B und die daraus abgeleitete Gröfse von λ_u

Δ_u	Δ_f	λ_u
mm	mm	mm
70	93	0,0003570
50,5	70	0,0003505
55,5	76	0,0003507
63,5	87	0,0003544
62,5	86,2	0,0003522
61,5	85	0,0003513

ich als mittlere Wellenlänge für das brech-

527^{mm}.

Nun erst bestimmte ich λ_u durch die unmittelbare Berechnung, indem ich auch B ausmafs.

Die Resultate sind in folgendem angegeben.

1. Auf Chininpapier:

A_u	B	$e \cdot \frac{A_u}{B} = \lambda_u$
mm	mm	mm
55,5	5920	0,0003514
50,5	5250	0,0003606
47,5	5080	0,0003505
70	7220	0,0003631
50,5	5290	0,0003578
55,5	5960	0,0003491
50	5270	0,0003556
61,5	6660	0,0003462
49	5270	0,0003485
49,75	5270	0,0003535
50,25	5275	0,0003574
49,5	5275	0,0003518
50	5275	0,0003575
49,75	5275	0,0003532

Das Mittel für λ_u ist demnach 0,0003540. Unter diesen Messungen sind mehrere für dasselbe B, aber für verschiedene Weiten des Spaltes s.

2. Auf Chininlösung, die in einen Glastrog gegossen war, konnte nicht so genau gemessen werden. Es ergab sich $\lambda_u = 0{,}0003508$ bis 0,0003591.

3. Auf Curcumaepapier glaubte ich zuerst, das Spectrum sey schon in der Nähe der Linie HH begränzt und es kämen also darauf die äufsersten brechbaren Strahlen nicht zum Vorschein. Auch hier war das Spectrum gegen die Mitte hin bestimmt begränzt. Für die Wellenlänge der äufsersten Strahlen ergab sich $\lambda_u = 0{,}0003956$ bis 0,0004016, folglich nicht weniger und nicht mehr, als ohngefähr die Wellenlänge der äufsersten sichtbaren Strahlen. Durch ein später angewandtes und nachher zu beschreibendes Verfahren aber fand ich, dafs aufserhalb jener Gränze, gegen die Mitte hin, allerdings noch eine Fortsetzung des Spectrums auf Curcuma vorkommt, die ebenfalls scharf begränzt, aber viel weniger intensiv erscheint. Für dieses war die Wel-

lenlänge der brechbarsten Strahlen 0,0003574, 0,0003518, 0,0003553, 0,0003532, also im Mittel = 0,0003555.

4. Auf einem mit Roſskastanienauszug gefüllten Glastrog erhielt ich für λ_n die Werthe 0,0003521 bis 0,0003601, konnte aber wegen des dicken Glases nicht genau messen.

5. Auf einem Lineal von Uranglas sieht man die Gränzen gegen die Mitte hin sehr scharf; sie erstreckt sich aber nicht so weit und ich erhielt für das kleinste λ nur 0,0003856 bis 0,0003911. Noch schöner sieht man die scharfe Begränzung des Spectrums auf einen Würfel von demselben Glase.

Indem meine Untersuchungen in einem sehr groſsen Locale vorgenommen wurden, konnte ich nur eine unvollkommene Dunkelheit erreichen. Vieles Licht rührte aber auch von der ziemlich groſsen Oeffnung am Heliostat her. Ich hoffte mir nun dadurch zu helfen, daſs ich vor diese Oeffnung ein violettes Glas hielt. Das Licht, welches auf mein Gitter fiel, war also nur eine Mischung von Violett, wenig Roth und Theilen der übrigen Lichtgattungen nebst viel unsichtbaren Strahlen. Wie angenehm war ich überrascht, als nun das Ende des Spectrums mit noch viel gröſserer Deutlichkeit zum Vorschein kam und keinen Zweifel mehr an der vollkommensten Begränzung übrig lieſs; *ja als diese sich sogar auf gewöhnlichem Papier zeigte* und genau dieselbe Länge hatte. Nun erschien auch die oben erwähnte Verlängerung des Spectrums auf Curcuma, nur blasser als der sonst sichtbare Theil. Der dunkle Raum zwischen dem ersten und zweiten Spectrum war jetzt ebenfalls mit sichtbar gewordenem Lichte ausgefüllt, wie Fig. 3 Taf. IV darstellt.

Dieselben Resultate erhielt ich natürlich auch, als ich das violette Glas zwischen das Gitter und den Schirm hielt. Es war mir aber nun interessant auch auf einem Porcellantäfelchen, wie sie Stokes beschreibt, das Spectrum aufzufangen, und *da war keine Spur von Verlängerung zu bemerken*; das Spectrum hörte auf, wo $\lambda = 0{,}0003956$ bis $0{,}0004013^{mm}$ ist. Die Gränze ging also bis zu den äuſsersten sichtbaren Strahlen.

Diefs veranlafste mich nun durch die eingeschlagene Methode mittelst des Gitters auch die Wellenlänge des äufsersten Roth zu bestimmen. Es ergab sich dafür $\lambda_r = 0{,}0007064$.

Vergleicht man die sämmtlichen Resultate, so zeigt sich also, dafs die Wellenlänge

für die äufsersten sichtbaren Strahlen beim

Roth . . . . . $= 0{,}0007064$

für die äufsersten sichtbaren Strahlen beim

Violett . . . . . $= 0{,}0003956$

und für d. brechbarsten unsichtbaren Strahlen $= 0{,}0003540$

ist. *Dafs also das Licht vom äufsersten Roth bis zum brechbarsten unsichtbaren Strahl eine vollkommene Octave enthält.*

In der Hoffnung, dafs dieser Satz trotz der unbestimmten Gränzen des Spectrums vom Flintglas auf Chinin bestätigt werden könnte, erzeugte ich dieses Spectrum mit Hülfe desselben Objectivglases und eines Münchener Flintglasprismas von 45° in dem Abstand von 7 Metern. Es kamen sehr viele Fraunhofer'sche und Stokes'sche Linien mit grofser Deutlichkeit auf dem Chininpapier zum Vorschein. Ich maafs ihre Entfernungen von der Linie *B* und trug sie als Ordinaten auf eine Abscissenlinie, auf welcher die einzelnen Abstände der Ordinaten durch die Differenz der entsprechenden Wellenlängen ausgedrückt sind, welche nach Fraunhofer zwischen

B und *C* . . . 320
C und *D* . . . 671
D und *E* . . . 623
E und *F* . . . 409
F und *G* . . . 560
G und *H* . . . 333

und nach dem Obigen zwischen

H und *u* . . . 616 Zehn-Milliontel-Millimeter

betragen.

Dadurch erhielt ich die in Fig. 6 Taf. IV abgebildete Curve, die auch von *H* bis *u* sich genau dem Gesetze der übrigen Theile anzuschliefsen scheint.

Demnach bestätigt auch das Spectrum des Prisma die Begränzung des unsichtbaren Lichtes bei der Länge von 354 Milliontel-Millimetern.

Ich glaube, dafs wenn man dieselbe Construction nach dem mit Bergkrystall- und Crownglasprismen erhaltenen Spectrum anstellt, und den Unterschied zwischen der Wellenlänge des äufsersten sichtbaren und des brechbarsten Lichtes ebenfalls gleich 416 annimmt, derselbe Gränzwerth gefunden werde; denn die grofse Differenz in der Länge beider Spectra rührt doch nur davon her, dafs das Zerstreuungsvermögen für die brechbarsten Strahlen beim Bergkrystall viel gröfser ist als beim Crownglas. Gewöhnlich nimmt man an, dafs die unsichtbaren Strahlen grofsentheils nicht durch das Crownglas hindurchgehen und dafs deshalb das Spectrum des letztern so kurz sey. Um mich zu belehren, habe ich das Beugungsspectrum durch transparente, weifse Glasplatten von verschiedener Dicke auf Chininpapier fallen lassen; aber nie eine Verkürzung desselben in dem Raum von *H* bis *u* bemerkt. Dagegen ist an dieser Stelle das Spectrum natürlich blasser geworden, je dicker das Glas war.

Indem das unsichtbare Licht in dem äufsersten Beugungsspectrum sehr dicht beisammen ist, kann man es zu noch vielen wissenschaftlichen Versuchen benutzen. Ich habe deshalb da wo es hinfiel ein kleines Loch in dem Schirm gemacht. *Der durchgehende Strahl war auf Porcellan vollkommen unsichtbar*, kam aber auf fluorescirenden Mitteln zum Vorschein. Diefs veranlafste mich zu andern Versuchen über Polarisation, Doppelbrechung und Dispersion des unsichtbaren Lichtes, worüber ich später Mittheilungen machen will.

Schliefslich bemerke ich noch, dafs zur Anstellung obiger Versuche, wenn mehr das Qualitative als das Quantitative berücksichtigt und also keine grofse Genauigkeit erfordert wird, auch ein Objectivglas von 2 bis 3 Fufs Brennweite und ein kleineres Gitter genügt.

Carlsruhe, im März 1856.

III. *Ueber eine neue Formel zum Höhenmessen mit dem Barometer; vom Generalmajor Baeyer.*

Laplace hat im IV. Bande der *Mécanique céleste p.* 292 zur Berechnung der Höhen aus correspondirenden Barometerständen folgende Formel gegeben:

$$r-a = 18336^{met}(1+0{,}002845\,\mathrm{Cos}\,2\psi)\left[1+\frac{2(t'+t)}{1000}\right].$$
$$\left(1+\frac{r-a}{a}\right)\left\{\log\frac{b'}{b}+\frac{r-a}{a}\,.\,0{,}868589\right\},$$

wo a und r die Abstände der unteren und oberen Station vom Centrum der Erde, t' und t, b' und b die Temperaturen nach der 100theiligen Scala und die auf 0° reducirten Barometerstände an der unteren und oberen Station, und ψ die geographische Breite in 100theiligen Graden bedeuten.

Für Toisen, Sexagesimal-Theilung und Reaumur'sche Grade geht diese Formel über in

$$r-a = 9407^{r},73\,(1+0{,}002595\,\mathrm{Cos}\,2\psi)\left[1+\frac{(t'+t)}{400}\right].$$
$$\left(1+\frac{r-a}{a}\right)\left\{\log\frac{b'}{b}+\frac{r-a}{a}\,.\,0{,}868589\right\}.$$

Nach der theoretischen Ableitung dieser Formel ist der erste Zahlenfactor $=\frac{B}{(\varrho)}\,.\,2{,}30258509 = 18309^{met},88$, wenn die Barometerhöhe B im Niveau des Meeres bei 0° Temperatur $= 0^{met},76$ und (ϱ) die Dichtigkeit der Luft bei 0° gegen Quecksilber nach Biot und Arago $=\frac{1}{10463}$ gesetzt wird. Um die Theorie mit den Beobachtungen in Uebereinstimmung zu bringen, hat Ramond diesen Coëfficienten auf 18336^{met} erhöhen müssen, und den Temperatur-Factor, der nach der theoretischen Entwickelung $=\left(1+\frac{t'+t}{2}\,.\,0{,}00375\right)$ gefunden wurde, hat Laplace selbst, aus demselben Grunde wie Ramond in $\left(1+\frac{2(t'+t)}{1000}\right)$ verwandelt.

Dessenungeachtet weichen aber die barometrisch gemessenen Höhen unter Umständen, von den trigonometrisch bestimmten, noch immer um gröfsere Quantitäten ab, als sich erwarten liefse, wenn alle Theile der Formel mit der Natur der Sache im Einklange wären.

Bei einer näheren Prüfung der einzelnen Theile fällt der gröfste Verdacht auf die Function $\frac{t'+t}{2}$, welche Laplace als die einfachste willkürlich angenommen hat. Wenn dieselbe genügte, so müfste eine Luftsäule der Atmosphäre unter demselben Druck, in welcher sich die Temperaturen stetig und mannigfach so ändern, dafs die Summe der Endtemperaturen gleich bleiben, stets einerlei Höhe behalten; dieſs ist aber nicht der Fall. Z. B.

1.

Es sey an der unteren Station $t' = 8^\circ$
» » oberen » $t = 8^\circ$
} so ist $\frac{t'+t}{2} = 8^\circ$

2.

Es sey an der unteren Station $t' = 12^\circ$
» » oberen » $t = 4^\circ$
} so ist $\frac{t'+t}{2} = 8^\circ$

3.

Es sey an der unteren Station $t' = 4^\circ$
» » oberen » $t = 12^\circ$
} so ist $\frac{t'+t}{2} = 8^\circ$

Wenn eine Luftsäule der Atmosphäre bei gleichbleibendem Gewicht diese drei verschiedenen Temperatur-Vertheilungen annimmt, so wird sie, wie weiter unten gezeigt wird, im zweiten Fall höher, im dritten niedriger als im ersten seyn. Die Formel von Laplace giebt aber dafür gleiche Höhen und entspricht daher den durch Temperatur-Veränderungen hervorgebrachten Dichtigkeits-Verhältnissen der Atmosphäre nicht.

Ein sichtbares und sicheres Maafs für die Dichtigkeiten der übereinander gelagerten Luftschichten ist die Refraction. Bei gleichen Refractionen zwischen zwei Punkten auf der Erdoberfläche mufs daher der Ausdruck der Temperatur in der Barometerformel stets denselben Werth, bei ungleichen Refractionen aber diesen analog, verschiedene Werthe geben.

Nimmt man für die drei obigen Fälle an, dafs die Temperatur auf 50 Toisen Höhe um 1° R. ab- oder zunimmt, so findet man aus der Tabelle II in meiner Abhandlung über die Strahlenbrechung in der Atmosphäre (Astron. Nachrichten No. 980) die folgenden Coëfficienten der Strahlenbrechung

für den 1. Fall $K = 0{,}22789$
» » 2. » $K = 0{,}14291$
» » 3. » $K = 0{,}31287$

und ähnliche Verschiedenheiten müfste auch die Temperatur-Function in der Barometerformel zeigen, wenn sie bei denselben Barometerständen die richtigen Höhenunterschiede geben soll.

Bei der Strahlenbrechung kömmt es weniger auf die Summe der Temperaturen, als auf ihre Differenz an. Ich werde daher aus diesem Gesichtspunkt die Differenz der Temperaturen einführen und eine Formel für Barometermessungen auf demselben Wege entwickeln, den ich in der erwähnten Abhandlung eingeschlagen habe.

Wenn sich zwei Luftmassen bei 0° unter dem Drucke B gleich hoher Quecksilbersäulen bei 0° befinden, so haben diese Luftmassen gleiche Dichtigkeiten (ϱ). Giebt man aber bei unverändertem Druck der einen Luftmasse die Temperatur t, der anderen die Temperatur t', so ändern sich ihre Dichtigkeiten und stehen im umgekehrten Verhältnifs zu ihren Volumina. Wenn m die räumliche Ausdehnung der Luft, für einen Grad des Thermometers in Theilen des Volumens bei 0° bedeutet, so sind $1 + mt$ und $1 + mt'$ die Volumina. Nennt man ϱ und ϱ' die zugehörigen Dichtigkeiten, so findet die Gleichung

$$\varrho\,(1 + mt) = \varrho'\,(1 + mt')$$

statt.

Aendert man jetzt den Druck dieser Luftmassen unter Beibehaltung der Temperaturen t und t', und giebt ihnen die Barometerhöhen b und b', so verhalten sich nunmehr ihre Dichtigkeiten direct wie die Barometerhöhen und man erhält

$$\varrho\,(1+mt)\,b' = \varrho'\,(1+mt')\,b \quad \ldots \quad (1).$$

Diese Gleichung gilt für trockene Luft. Die Luft im Freien enthält aber stets eine gröfsere und geringere Menge von Wasserdampf, und dieser hat eine geringere Dichtigkeit als die Luft Bei gleichem Drucke und gleicher Temperatur ist seine Dichtigkeit nach neueren Bestimmungen $= \frac{10}{15,224}$ oder nahe gleich $\frac{2}{3}$ der Luft. Bedeutet daher e den Theil der Barometerhöhe, welcher dem Wasserdampfe das Gleichgewicht hält. so ist dessen Gewicht, wenn es dem der Luft gleich angenommen wird, um $\frac{1}{3}$ zu grofs. Für feuchte Luft, in welcher die Expansionen des Wasserdampfes e und e' sind, müfste daher anstatt b und b' gesetzt werden $b - \frac{1}{3}e$ und $b' - \frac{1}{3}e'$ und $B - \frac{1}{3}E$. Der Wasserdampf dehnt sich aber auch stärker aus als die trockene Luft und deshalb müfste m auf beiden Seiten der Gleichung (1) eine kleine Vergröfserung erfahren. Aus diesen entgegengesetzten Beziehungen scheint hervorzugehen und die Strahlenbrechung bestätigt es, dafs der Wasserdampf in der Atmosphäre auf die Dichtigkeits-Verhältnisse nur einen geringen Einfluss hat; es soll daher vorläufig keine Rücksicht weiter darauf genommen werden.

Für die Einheit von ϱ und ϱ' in der obigen Gleichung nehme ich die Dichtigkeit des Quecksilbers bei 0°. Die Barometerhöhen haben ebenfalls 0° oder müssen darauf reducirt werden. Will man als Einheit die Dichtigkeit des Wassers bei 0° einführen, und nennt man d und d' die nach dieser Einheit gemessenen Dichtigkeiten der Luft, und Q das specifische Gewicht des Quecksilbers, so ist

$$\varrho = \frac{d}{Q}; \qquad \varrho' = \frac{d'}{Q}.$$

Die Schwere, welche hier überall gleich angenommen wurde erleidet aber unter verschiedenen Breiten und in verschiedenen Höhen kleine Aenderungen, die berücksichtigt werden müssen. Als Einheit wird die Schwere im Niveau des Meeres unter 45° Breite angenommen und durch G bezeichnet. Bei verschiedenen Intensitäten der Schwere stehen

die Barometerhöhen mit denselben im umgekehrten Verhältnifs. Sind daher b und b' zwei Barometerhöhen, g die Schwere von b, und G die Schwere von b' unter 45° Breite, so hat man

$$b \,.\, g = b' \,.\, G \text{ oder } b' = \frac{bg}{G}.$$

Hieraus folgt, dafs b in Gleichung (1) mit $\frac{g}{G}$ multiplicirt werden mufs, um es mit b' auf die Schwere unter 45° Breite zu bringen. Ist aber b' nicht unter 45°, sondern unter einer Polhöhe φ gemessen, unter welcher die Intensität der Schwere (g) war, so wird

$$b' = \frac{bg}{(g)}$$

seyn.

Die Intensitäten der Schwere in verschiedenen Höhen ein und derselben Lothlinie, deren Polhöhe φ ist, stehen im umgekehrten Verhältnifs der Quadrate der Entfernung vom Centrum der Erde. Sind also r und a diese Entfernungen für g und (g), so ist

$$\frac{g}{(g)} = \frac{a^2}{r^2} = \frac{1}{1 + \frac{2(r-a)}{a}}$$

wo in dem letzten Ausdruck das quadratische Glied im Nenner seiner Kleinheit wegen vernachlässigt ist.

In Bezug auf die Polhöhe nimmt die Schwere gegen den Aequator hin ab, gegen den Pol hin zu, und ist den Längen des Sekundenpendels proportional. Ist diese Länge unter der Polhöhe $\varphi = l$, unter der Polhöhe von 45° $= L$, so erhält man

$$(g)\, L = G \,.\, l \quad \text{also}$$

$$(g) = \frac{Gl}{L} = G\,(1 - \beta \cos 2\varphi)$$

wo $\beta = 0{,}0025945$.

Wird der für (g) gefundene Werth oben eingeführt, so ergiebt sich

$$\frac{g}{G} = \frac{(1 - \beta \cos 2\varphi)}{1 + \frac{2(r-a)}{a}}$$

und dieſs ist der Factor, mit welchem b in der Gleichung (1) multiplicirt werden muſs, um die Gewichte der Quecksilbersäulen auf gleiche Intensitäten der Schwere und unter Berücksichtigung der Abnahme der Schwere in der Höhe, zu reduciren. Die Gleichung (1) geht daher über in

$$\varrho(1+mt)b' = \varrho'(1+mt')\frac{b(1-\beta\cos 2\varphi)}{1+\frac{2(r-a)}{a}} \quad \ldots \quad (2).$$

Wird in dieser Gleichung $t'=0°$; $b'=B$ gleich der Barometerhöhe im Niveau des Meeres bei $0°$, so wird $\varrho'=(\varrho)$ gleich der Dichtigkeit der Luft bei $0°$ im Niveau des Meeres, oder

$$\varrho = \frac{(\varrho)b(1-\beta\cos 2\varphi)}{B(1+mt)\left(1+\frac{2(r-a)}{a}\right)} \quad \ldots \quad (3).$$

Nach den Bestimmungen der Dichtigkeit der Luft gegen Quecksilber von Biot wird, für B in Toisen, $\frac{(\varrho)}{B}$ eine constante Gröfse [1]) und $= \frac{1}{4081^{T},56}$, wenn $(\varrho) = \frac{d}{Q}$, $d = 0{,}00129902417$; $Q = 13{,}5972$ [2]); $B = \frac{336^{L},905}{864}$ angenommen werden. Setzt man daher $N = \frac{(1-\beta\cos 2\varphi)}{4081{,}56}$, so geht die vorige Gleichung über in

$$\varrho = \frac{bN}{(1+mt)\left(1+\frac{2(r-a)}{a}\right)} \quad \ldots \quad (4).$$

Für eine andere Dichtigkeit ϱ' und die zugehörigen Werthe von b', t', welche in der Entfernung $R+h$ vom Centrum der Erde stattfinden, wird $a=R$ und $(r-a)=h$; man erhält daher

$$\varrho' = \frac{b'N}{(1+mt')\left(1+\frac{2h}{R}\right)} \quad \ldots \quad (5),$$

wo b' entsprechende Höhe über dem Meer und R angeradius bedeuten. Wird $h=0$, so erhält

[1]) ...he Gehalt an Wasserdampf unberücksichtigt bleibt. ...öterb. Bd. 4, Seite 1515 und 1530.

man unter derselben Polhöhe φ, $\varrho' = \frac{b'N}{1+mt'}$ und setzt man die Werthe von N in dieser und der Gleichung (4) einander gleich, so findet man

$$\frac{1}{b} = \frac{\varrho'(1+mt')}{b'\varrho(1+mt)\left(1+\frac{2(r-a)}{a}\right)} \quad \ldots (6).$$

Da die Quecksilbersäule im Barometer der darüber befindlichen Luftsäule das Gleichgewicht hält, so wird bei dem Aufsteigen das Barometer um so viel fallen, wie das in Quecksilberhöhe ausgedrückte Gewicht der durchstiegenen Luftsäule beträgt. Zwischen der unendlich kleinen Veränderung der Barometerhöhe db und der zugehörigen Höhenänderung dr, wird daher die Gleichung stattfinden

$$db = -\varrho\, dr,$$

wo die Einheit von ϱ die Dichte des Quecksilbers bei 0° ist. Diese Gleichung mit der Gleichung (6) multiplicirt, giebt

$$\frac{db}{b} = -\frac{\varrho'(1+mt')}{b'} \cdot \frac{dr}{(1+mt)\left(1+\frac{2(r-a)}{a}\right)}$$

Nach Gleichung (5) ist für eine Beobachtung in der Höhe h über dem Meere

$$\frac{\varrho'(1+mt')}{b'} = \frac{N}{\left(1+\frac{2h}{R}\right)} = N'.$$

Diesen Werth in die vorige Gleichung gesetzt und integrirt, giebt

$$\log b = -N' \int \frac{dr}{(1+mt)\left(1+\frac{2(r-a)}{a}\right)} + \text{const.}$$

Für die untere Station mufs $r=a$ und $b=b'$ werden, daher ist die Constante $=\log b'$ und das vollständige Integral

$$\log \frac{b}{b'} = -N' \int_{a}^{r} \frac{dr}{(1+mt)\left(1+\frac{2(r-a)}{a}\right)} \quad \ldots (7).$$

Zur Bestimmung dieses Integrals mufs der Uebergang von

der Temperatur t' in dem Standpunkte, zu der Temperatur t am Objecte ermittelt und als Function des Höhenunterschiedes dargestellt werden.

Die Wärmestrahlen, welche die Erde in den Weltraum sendet, gehen wie die Radien einer Kugel auseinander. Ich nehme daher an, dafs im Allgemeinen die Wärme mit der Entfernung von der Erde in einem quadratischen Verhältnifs abnimmt, und dafs das Gesetz der Wärmeabnahme durch eine Reihe des zweiten Ranges dargestellt werden kann.

Denkt man sich die Atmosphäre in Schichten getheilt, von welchem jede eine Toise Höhe hat, so giebt die Höhe eines Punktes in Toisen über dem Meere die Anzahl der Glieder dieser Reihe, und für irgend eine Höhe m ist die Wärmeabnahme an dieser Stelle das $m$te Glied der Reihe. Geht man von m nach einer gröfseren Höhe m', so ist für den Höhenunterschied $m'-m$ das $m$te Glied das erste in dieser Reihe und die Anzahl der Glieder $= m'-m$. Bedeutet daher δ das erste Glied der Reihe, so wird das allgemeine Glied

$$= \delta \frac{(a+m)^2}{a^2} = \delta \frac{r^2}{a^2} = \delta \left\{ 1 + \frac{2(r-a)}{a} + \frac{(r-a)^2}{a^2} \right\}$$

und wenn $r-a$ durch n bezeichnet wird

$$= \delta + \frac{2\delta n}{a} + \frac{\delta n^2}{a^2}.$$

Oder allgemein genommen

$$= \delta + \frac{\varepsilon n}{a} + \frac{\eta n^2}{a^2}$$

Die Summe dieser Reihe giebt den Temperatur-Unterschied

$$t - t' = \delta n + \varepsilon \frac{(n^2+n)}{2a} + \eta \left(\frac{2n^3+3n^2+n}{6a^2} \right) \quad \ldots \quad (8),$$

wo t die Temperatur an der oberen, t' die an der unteren Station bedeuten. Die Constanten δ, ε und η können durch Refractionsbeobachtungen bestimmt werden, wie schon A. v. Humboldt vorgeschlagen hat und wie in der oben erwähnten Abhandlung näher nachgewiesen ist. Der

durch a^2 dividirte Theil des obigen Ausdruckes (8) ist aber sehr klein und kann vernachlässigt werden. Man erhält daher, wenn für n wieder $r-a$ eingeführt wird,

$$t = t' + \delta(r-a)\left(1+\frac{\varepsilon}{2a}\right) + \frac{\varepsilon}{2a}(r-a)^2$$

und hieraus

$$1+mt = 1+mt'+m\delta\left(1+\frac{\varepsilon}{2a}\right)(r-a)+\frac{m\varepsilon}{2a}(r-a)^2,$$

daher

$$(1+mt)\left(1+\frac{2(r-a)}{a}\right) = 1+mt'+\left\{m\delta\left(1+\frac{\varepsilon}{2a}\right)\right.$$
$$\left.+\frac{2(1+mt')}{a}\right\}r-a+\frac{m(\varepsilon+4\delta)}{2a}(r-a)^2$$

mit Vernachlässigung der höheren Potenzen und der durch a^2 dividirten Glieder. Bezeichnet man die Coëfficienten von $r-a$ und $(r-a)^2$ durch p und q und setzt den gefundenen Werth in die Gleichung (7), so findet man

$$\log\frac{b}{b'} = -N'\int\frac{dr}{1+mt'+p(r-a)+q(r-a)^2} \quad \ldots \quad (9).$$

Nun ist

$$\int\frac{dr}{1+mt'+p(r-a)+q(r-a)^2} = \frac{1}{\sqrt{p^2-4(1+mt')q}}\cdot$$
$$\log\frac{2q(r-a)+p-\sqrt{p^2-4(1+mt')q}}{2q(r-a)+p+\sqrt{p^2-4(1+mt')q}} + \text{const.}$$

Da das Integral von a anfängt, so mufs es für diesen Werth von $r=0$ werden, daher

$$0 = \frac{1}{\sqrt{p^2-4(1+mt')q}}\cdot\log\frac{p-\sqrt{p^2-4(1+mt')q}}{p+\sqrt{p^2-4(1+mt')q}} + \text{const.}$$

Die Constante eingeführt und $\sqrt{p^2-4(1+mt')q} = \sqrt{n}$ gesetzt, giebt das vollständige Integral

$$= \frac{1}{\sqrt{n}}\log\frac{2q(r-a)(p+\sqrt{n})+4(1+mt')q}{2q(r-a)(p-\sqrt{n})+4(1+mt')q}$$
$$= \frac{1}{\sqrt{n}}\log\left\{\frac{\frac{(p+\sqrt{n})}{2(1+mt')}(r-a)+1}{\frac{(p-\sqrt{n})}{2(1+mt')}(r-a)+1}\right\}$$

und wenn $u = \frac{p+\sqrt{n}}{2(l+mt')}$; $v = \frac{p-\sqrt{n}}{2(l+mt')}$ gesetzt wird

$$= \frac{1}{\sqrt{n}} \log \left\{ \frac{u(r-a)+1}{v(r-a)+1} \right\}.$$

Wird dieser Werth des Integrals in die Gleichung (9) gesetzt und auf beiden Seiten die Zeichen gewechselt, so erhält man

$$\log \frac{b'}{b} = \frac{N'}{\sqrt{n}} \log \left\{ \frac{u(r-a)+1)}{v(r-a)+1)} \right\} \quad \ldots \quad (10).$$

Diefs ist die vollständige Gleichung, welche zwischen der Höhendifferenz zweier Stationen und ihren Barometer- und Thermometerständen stattfindet. Es ist nichts unbekannt darin als die Constanten δ und ε, welche, wie oben erwähnt, aus Refractionsbeobachtungen bestimmt werden können. Da aber solche Bestimmungen noch nicht vorliegen, so werde ich untersuchen, wie weit der Einflufs der zweiten Constanten reicht.

Es ist

$$\log[1+u(r-a)] = M\left\{ u(r-a) - \frac{u^2(r-a)^2}{2} + \frac{u^3(r-a)^3}{3} - \ldots \right\}$$

$$-\log[1+v(r-a)] = M\left\{ -v(r-a) + \frac{v^2(r-a)^2}{2} - \frac{v^3(r-a)^3}{3} - \ldots \right\}$$

Ferner hat man

$$u - v = \frac{\sqrt{n}}{1+mt'}; \quad u^2 - v^2 = \frac{p\sqrt{n}}{(1+mt')^2};$$

$$u^3 - v^3 = \frac{6p^2\sqrt{n} + 2n\sqrt{n}}{8(1+mt')^3}.$$

Daher wird

$$\frac{1}{\sqrt{n}} \log \frac{u(r-a)+1}{v(r-a)+1} = M\left\{ \frac{r-a}{1+mt'} - \frac{p(r-a)^2}{2(1+mt')^2} + \frac{(3p^2+n)(r-a)^3}{12(1+mt')^3} - \ldots \right\} \quad (11).$$

Da $n = p^2 - 4(1+mt')q$, so wird $3p^2+n = 4p^2 - 4(1+mt')q$

Coëfficient $\frac{3p^2+n}{12(1+mt')^3} = \frac{p^2-(1+mt')q}{3(1+mt')^3}$.

reht hervor, dafs q erst bei beträchtlichen Hö-
s erlangt. Es scheint, dafs man es bei
ner als 1000 Toisen sind, vernachläs-

sigen und gleich Null annehmen kann; wenn aber $q = 0$ ist, dann ist ε eben so wie η in Gleichung (8) $= 0$ und man erhält aus dieser Gleichung

$$\frac{t-t'}{r-a} = \delta \ldots\ldots (12).$$

Dieser Ausdruck setzt die Wärmeabnahme der Höhe proportional. Bessel sagt darüber (astron. Nachr. No. 356), dafs, so lange nichts Näheres darüber bekannt wäre, kein Grund vorhanden sey, eine andere Annahme zu machen.

Ferner wird für $q = 0$; $\sqrt{n} = p$; $u = 2p$; $v \equiv 0$ und die Gleichung (10) geht über in

$$\log \frac{b'}{b} = \frac{N'}{p} \log\left(\frac{p(r-a)}{1+mt'} + 1\right) \ldots (13).$$

Hieraus findet man den vollständigen Höhenunterschied

$$r - a = \left\{\left(\frac{b'}{b}\right)^{\frac{p}{N'}} - 1\right\} \frac{(1+mt')}{p} \ldots (14).$$

Hier ist

$$p \equiv m\delta + \frac{2(1+mt')}{a}; \quad \frac{1}{N'} = \frac{\left(1+\frac{2h}{R}\right)}{N}$$
$$= 4081{,}56\,(1+0{,}002595\cos 2\varphi)\left(1+\frac{2h}{R}\right).$$

Wenn die Höhe h der unteren Station über dem Meere nicht bekannt ist, so wird es genügen, dieselbe aus den Beobachtungen an dieser Station und dem bekannten Barometerstande am Meere ungefähr zu ermitteln.

Die Rechnung nach Gleichung (14) wird so geführt, dafs man zuerst den Höhenunterschied $r - a$ näherungsweise sucht, indem man p für einen mittleren Werth von δ bestimmt. Aus meinen Refractions-Beobachtungen finde ich den mittleren Werth von $\delta = -0{,}01485$. Derselbe ist aus 20 Refractions-Beobachtungen, welche auf den Stationen Kupferkuhle (bei Kroppstadt) und Brocken an 5 verschiedenen Tagen zwischen 3 und 4 Uhr Nachmittags gemacht wurden, hervorgegangen. Mit dem genäherten Höhenunterschiede wird nun nach Gleichung (12) das den Beobachtungen entsprechende δ gesucht und p von neuem bestimmt

und in die Formel (14) eingeführt. In den meisten Fällen wird die erste Näherung ausreichen, wo dieſs nicht der Fall ist, muſs die Bestimmung von δ wiederholt werden. In dem Factor p, Gleichung (14) treten die Verschiedenheiten der oben erwähnten drei Fälle bestimmt hervor. Im ersten Fall, wo $t = t'$, wird δ nach Gleichung (12) $= 0$, also $p = \frac{2(1+mt')}{a}$. Im zweiten Fall wird $t - t'$ negativ, also δ und daher auch p negativ. Im dritten Fall wird $t - t'$ positiv und daher auch p positiv.

Um die Beziehungen der Gleichung (14) zu der Formel von Laplace besser zu übersehen, entwickele man $\frac{N'}{p} \log\left(\frac{p(r-a)}{l+mt'} + 1\right)$ in eine Reihe, so ergiebt sich

$$\log \frac{b'}{b} = N'M\left\{\frac{r-a}{l+mt'} - \frac{p(r-a)^2}{2(l+mt')^2} + \frac{p^2(r-a)^3}{3(l+mt')^3} - \ldots\right\} \quad (15).$$

Vernachlässigt man die dritte Potenz der Höhe und eliminirt $r-a$ aus der quadratischen Gleichung, so wird

$$r - a = \frac{l+mt'}{p}\left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{2p}{N'M}\log\frac{b'}{b}}\right)$$

wo das untere Zeichen zu nehmen ist.

Da $\sqrt{1-x} = 1 - \frac{1}{2}x - \frac{1}{8}x^2 - \frac{1}{16}x^3 - \ldots$, so erhält man

$$r - a = \frac{l+mt'}{p}\left\{1 - \left[1 - \frac{p}{N'M}\log\frac{b'}{b} - \frac{p^2}{2N'^2M^2}\left(\log\frac{b'}{b}\right)^2 - \frac{p^3}{2N'^3M^3}\left(\log\frac{b'}{b}\right)^3 - \ldots\right] \ldots\right\}$$

$$= (l+mt')\left\{\frac{1}{N'M}\log\frac{b'}{b} + \frac{p}{2}\left[\frac{1}{N'M}\log\frac{b'}{b}\right]^2 + \frac{p^2}{2}\left[\frac{1}{N'M}\log\frac{b'}{b}\right]^3 + \ldots\right\}.$$

N ist der Modul und $= 0{,}43429448$. Setzt man

$$L = \frac{1}{N'M}\log\frac{b'}{b},$$

nimmt der Ausdruck der Höhendifferenz die einfache

$$(l+mt')\left\{L + \frac{p}{2}L^2 + \frac{p^2}{2}L^3 + \ldots\right\} \quad (16)$$

an. Die Rechnung nach dieser Formel ist bequemer als nach Gleichung (14) und kann bei nicht grofsen Höhenunterschieden mit Vortheil angewendet werden.

Zur Vergleichung der Formeln (14) und (16) mit der von Laplace werde ich einige Beispiele aus meinen am Harz ausgeführten trigonometrischen Nivellements und den damit verbundenen Refractionsbeobachtungen anführen und berechnen, vorher aber noch einige Bemerkungen über die, nach den Tageszeiten verschiedenen Wärmeverhältnisse der unteren Luftschichten der Atmosphäre voranschicken.

Für die practische Anwendung eines barometrischen Nivellements bleibt noch die Frage zu beantworten, warum correspondirende Barometer-Beobachtungen zu allen Tageszeiten nicht gleich richtige Höhenunterschiede geben? Mit anderen Worten läfst sich diese Frage auch so formuliren: ob das wahre Temperatur-Verhältnifs einer, zwischen den Horizontalebenen zweier Stationen eingeschlossenen, Luftschicht zu allen Tageszeiten durch die Function $d = \frac{t-t_1}{r-a}$ genügend dargestellt werden kann.

Aus mehreren Reihen von Refractions Beobachtungen, welche ich am Harz und namentlich zwischen den Stationen Kupferkuhle und Brocken ausgeführt habe, geht unzweifelhaft hervor, dafs des Morgens von Kupferkuhle nach oben Wärmezunahme stattfand, welche, in einer gewissen aber geringeren Höhe als die des Brockens, in Wärmeabnahme überging.

Daraus folgt, dafs die Temperatur der dazwischen liegenden Luftschicht höher war als die Thermometer-Angaben unten und oben. Wenn diefs allgemein der Fall ist, so müssen die aus Barometer-Beobachtungen für eine zu geringe Temperatur abgeleiteten Höhen zu klein gefunden werden, während die durch die Wärmezunahme an der unteren Station vergröfserte Strahlenbrechung die trigonometrisch gemessenen Höhen zu grofs giebt. Die Erfahrung bestätiget Beides. (Siehe unten die Zusammenstellung der berechneten Höhen.) Aus vielfachen Untersuchungen, welche

ich bei meinen verschiedenen Nivellements angestellt habe, hat sich als practische Regel herausgestellt, dafs man die Zenithdistancen zu trigonometrischen Höhenbestimmungen nur zwischen 10 Uhr des Vormittags und 5 bis $5\frac{1}{2}$ Uhr des Nachmittags messen darf. Die früher am Morgen und später am Abend angestellten Beobachtungen geben die Höhen zu grofs. Da die Refraction das sicherste Kennzeichen für die Dichtigkeits-Verhältnisse einer Luftschicht ist und da die Function $d = \frac{t-t'}{r-a}$ eben sowohl in dem Refractions-Coëfficienten (siehe die oben erwähnte Abhandlung) wie in der Barometerformel enthalten ist; so kann dieselbe nur in der angegebenen Zeit genügende Gültigkeit haben, woraus denn hervorgeht, dafs dieselbe Regel auch bei Barometermessungen befolgt werden mufs. Für die Thatsache, dafs in der Ebene an heiteren Tagen, gegen Abend und in der Nacht, Wärmezunahme von unten nach oben stattfindet, welche bei Aufgang der Sonne ihr Maximum erreicht und von da sich vermindert, bis sie gegen 10 Uhr Vormittags wieder in regelmäfsige Wärmeabnahme übergegangen ist, läfst sich folgende Erklärung geben:

Die durch die Sonnenstrahlen in der Ebene erwärmten Luftschichten steigen auf und halten, als schlechte Leiter, die angenommene Temperatur lange fest. Gegen Abend werden, durch die Wärmestrahlung der Erde, die unteren Luftschichten stärker abgekühlt als die höheren, es entsteht daher Wärmezunahme von unten nach oben. Diese Abkühlung unten ist bei dem Minimum der Tagestemperatur am stärksten und daher ist auch zu dieser Zeit *die Wärmezunahme nach oben und die Refraction* am gröfsten. Die zunehmende Wärme, welche nach Aufgang der Sonne stattfindet, kann das richtige Verhältnifs nur allmählich wieder herstellen, wozu bei gröfseren täglichen Wärmedifferenzen mehr, bei kleineren weniger Zeit gehört, so dafs die Aus-
chung während des ganzen Sommers ziemlich auf die-
Tageszeit fällt.
rdem ist, was seit Ramond allgemein bekannt,
erken:

an. Die Rechnung nach dieser Formel ist bequemer als nach Gleichung (14) und kann bei nicht grofsen Höhenunterschieden mit Vortheil angewendet werden.

Zur Vergleichung der Formeln (14) und (16) mit der von Laplace werde ich einige Beispiele aus meinen am Harz ausgeführten trigonometrischen Nivellements und den damit verbundenen Refractionsbeobachtungen anführen und berechnen, vorher aber noch einige Bemerkungen über die, nach den Tageszeiten verschiedenen Wärmeverhältnisse der unteren Luftschichten der Atmosphäre voranschicken.

Für die practische Anwendung eines barometrischen Nivellements bleibt noch die Frage zu beantworten, warum correspondirende Barometer-Beobachtungen zu allen Tageszeiten nicht gleich richtige Höhenunterschiede geben? Mit anderen Worten läfst sich diese Frage auch so formuliren: ob das wahre Temperatur-Verhältnifs einer, zwischen den Horizontalebenen zweier Stationen eingeschlossenen, Luftschicht zu allen Tageszeiten durch die Function $d = \frac{t-t_1}{r-a}$ genügend dargestellt werden kann.

Aus mehreren Reihen von Refractions Beobachtungen, welche ich am Harz und namentlich zwischen den Stationen Kupferkuhle und Brocken ausgeführt habe, geht unzweifelhaft hervor, dafs des Morgens von Kupferkuhle nach oben Wärmezunahme stattfand, welche, in einer gewissen aber geringeren Höhe als die des Brockens, in Wärmeabnahme überging.

Daraus folgt, dafs die Temperatur der dazwischen liegenden Luftschicht höher war als die Thermometer-Angaben unten und oben. Wenn diefs allgemein der Fall ist, so müssen die aus Barometer-Beobachtungen für eine zu geringe Temperatur abgeleiteten Höhen zu klein gefunden werden, während die durch die Wärmezunahme an der unteren Station vergröfserte Strahlenbrechung die trigonometrisch gemessenen Höhen zu grofs giebt. Die Erfahrung bestätiget Beides. (Siehe unten die Zusammenstellung der berechneten Höhen.) Aus vielfachen Untersuchungen, welche

Gleichzeitige Beobachtungen auf den Stationen Kupferkuhle, Derenburg und Brocken.

49 Sept. 1.	Kupferkuhle.			Derenburg.			Brocken.		
	Barometer	Thermometer trocken	Thermometer feucht	Barometer	Thermometer trocken	Thermometer feucht	Barometer	Thermometer trocken	Thermometer feucht
	L	°	°	L	°	°	L	°	°
6h 35′	331,21	+ 8,4 R.	7,2 R.	329,74	9,6 R.	9,0 R.	295,11	+ 8,8	+ 6,2 R.
7 34	331,20	12,0	9,6	329,79	11,3	9,9	295,20	10,3	7,8
8 34	331,26	14,3	11,4	329,83	13,3	11,0	295,37	11,4	8,9
9 34	331,34	14,7	11,5	329,84	15,5	12,0	295,41	10,7	8,2
10 34	331,26	15,9	11,5	329,82	17,2	11,9	295,37	11,5	8,9
11 34	331,18	17,2	11,7	329,81	18,2	12,5	295,39	11,8	9,1
12 34	331,18	18,1	12,0	329,85	19,2	13,6	295,36	11,6	8,7
1 34	331,20	18,7	12,1	329,87	20,0	13,5	295,41	11,8	8,6
2 34	331,20	18,7	12,0	329,79	20,0	13,2	295,43	11,8	8,6
3 34	331,11	18,6	11,9	329,69	19,3	12,9	295,37	11,8	8,6
4 34	331,04	18,3	11,4	329,66	18,4	12,5	295,32	11,3	8,5
5 34	331,07	17,8	10,4	329,71	16,6	11,3	295,27	10,3	8,4
Beobachter:		v. Hefse.			Bertram.			Baeyer.	

Der Wind war schwach aus Südost; der Tag im Allgemeinen heiter. Ueber dem Brocken waren von 11 Uhr bis 3 Uhr einzelne Wolken vor der Sonne. In der Ebene Sonnenschein bis gegen Abends um 6 Uhr wurde es trübe.

Bemerk. Die Station Kupferkuhle (bei Kroppenstaedt) befand sich auf einem steilen 15 Fufs hohen alten Wachthügel. Die Station Derenburg (bei Derenburg) auf einem breiten Plateau 6 Fufs über dem Boden, weshalb zu vermuthen, dafs durch die starke Erwärmung der unteren Luftschichten hier die Thermometerstände etwas zu hoch sind. Auf den Stationen Kupferkuhle und Brocken wurde an Heber-Barometern mit mikroskopischen Ablesungen von Greiner in Berlin, auf Derenburg an einem gewöhnlichen Gefäfsbarometer *à niveau constant* beobachtet.

Die Barometer waren vor und nach der Reise mit dem Normalbarometer des Hrn. Prof. Dove in Berlin verglichen worden.

Die Stat. Kupferkuhle ist vom Brocken 23546^{r},9 entfernt
» » » » von Derenburg 13006 ,3 »

Alle drei Stationen lagen in einer Verticalebene. Die Höhen dieser Stationen wurden durch ein trigonometrisches Nivellement, vermittelst gleichzeitig und gegenseitig gemessener Zenithdistanzen, gefunden, wobei noch zwei Stationen, eine zwischen Kupferkuhle und Derenburg, die andere zwischen Derenburg und Brocken, eingeschaltet wurden. Das Nivellement gab:

die Höhe der Station Kupferkuhle über dem Meere $= h$ . . . . . $=$ 88^{r},689
den Höhenunterschied zwischen den Barometern in Kupferk. u. Derenburg . $=+$ 17 ,563
den Höhenunterschied zwischen den Barometern in Kupferk. und Brocken . $=+$ 498 ,155

Geographische Breite der Station Kupferkuhle . . . . . $=$ 51° 55′ 55″,86
Geographische Breite der Stat. Brocken $=$ 51 48 1 ,17
daher 2φ $=$ 103° 43′ 57″,03

Der mittlere Erdradius R ist $=$ 3266603^{r} daher
für Kupferkuhle $R+h=a=3266692$ $\log a=6{,}5141083$
für Derenburg $R+h'=a'=3266710$ $\log a'=6{,}5141106$.

Nach Gleichung (14) ist

$$\frac{1}{N'} = 4081^{r},56\ (1 + 0{,}0025945\ \cos 2\varphi)\left(1 + \frac{2k}{R}\right)$$

m oder der Ausdehnungs-Coëfficient der Luft wird nac Rudberg und Magnus für 1° Centig. = 0,003665; fü 1° R. = 0,00458 angenommen.

1. Vorbereitung zur Berechnung des Höhenunterschiede zwischen Kupferkuhle und Brocken.

b' und t' Barometer- und Thermometerstand in Kupferkuhl
b und t » » » » Brocken

$$\log \frac{1}{N'} = 3{,}6105831; \quad \log \frac{m}{498{,}155} = 4{,}9635010 - 10.$$

1849 Sept. 1	$\log \frac{b'}{b}$	$\log(1+mt')$	$t-t'$	$m\delta = \frac{m(t-t')}{498{,}155}$	$\frac{2(1+mt')}{a}$	log
6ᵃ 35′	0,0501195	0,0163948	+0,4	+0,00000367757	+0,00000063581	4,6348
7 34	0,0499739	0,0232360	−1,7	−0,00001562967	64591	5,1756
8 34	0,0498026	0,0275510	−2,9	2666239	65236	5,4151
9 34	0,0498487	0,0282971	−0,4	3677570	65348	5,5577
10 34	0,0498026	0,0305277	−4,4	4045330	65684	5,5998
11 34	0,0496683	0,0329313	−5,4	4964720	66049	5,6900
12 34	0,0497124	0,0345876	−6,5	5976051	66301	5,7715
1 34	0,9496651	0,0356882	−6,9	6343810	66469	5,7977
2 34	0,0496357	0,0356882	−6,9	6343810	66469	5,7977
3 34	0,0496059	0,0355051	−6,8	6251870	66441	5,7913
4 34	0,0495876	0,0349547	−7,0	6435748	66357	5,8049
5 34	0,0497005	0,0340361	−7,5	6895440	66217	5,8343

Beispiele zur Berechnung nach Gleichung (14).

	6ᵃ 35′	12ᵃ 34′
$\log \log \frac{b'}{b}$	= 8,7000068	8,6964647
$\log p$	= 4,6348178	5,7715691 n
$\log \frac{1}{N'}$	= 3,6105831	3,6105831
	6,9454077	8,0786169 n
$\frac{p}{N'} \log \frac{b'}{b}$	= 0,00088188	9,9880156−10
$\frac{b'}{b}^{\frac{p}{N'}}$	= 1,00203267	0,9727822
	−1	−1
$\frac{b'}{b}^{\frac{p}{N'}} - 1$	= 0,00203267 . . .	−0,0272178

$$\log\left\{\left(\frac{b'}{b}\right)^{\frac{p}{MN}}-1\right\} = 7{,}3080669 \quad \ldots\ldots \quad 8{,}4348690\,n$$

$$\log(1+mt') = 0{,}0163948 \quad \ldots\ldots \quad 0{,}0345876$$

$$\text{Cpl. } \log p = 5{,}3651822 \quad \ldots\ldots \quad 4{,}2284309\,n$$

$$\log(r-a) = 2{,}6896439 \quad \ldots\ldots \quad 2{,}6978875$$

$$r-a = 489^{T},377 \quad \ldots\ldots \quad 498^{T},755$$

2. Vorbereitung zur Berechnung des Höhenunterschiedes zwischen Kupferkuhle und Derenburg.

b' u. t' Barometer- und Thermometerstand in Kupferkuhle
b » t » » » » Derenburg

1849 Sept. 1	$\log\frac{b'}{b}$	$t-t'$	$m\delta=\frac{m(t-t')}{18{,}224}$	$\log p$
6ᵘ 35′	0,0019318	+1,2	+0,00030158	6,48032
7 34	0,0018528	−0,7	−0,00017592	6,24371 n
8 34	0,0018788	−1,0	−0,00025132	6,39910 n
9 34	0,0019706	+0,8	+0,00020105	6,30471
10 34	0,0018920	+1,3	+0,00032671	6,51504
11 34	0,0018003	+1,0	+0,00025132	6,40137
12 34	0,0017476	+1,1	+0,00027645	6,44265
1 34	0,0017475	+1,3	+0,00032671	6,51504
2 34	0,0017217	+1,3	+0,00032671	6,51504
3 34	0,0018534	+0,7	+0,00017592	6,24694
4 34	0,0018142	+0,1	+0,00002513	5,41145
5 34	0,0017877	−1,2	−0,00030158	6,47845 n

Anmerk. Die Werthe von $1+mt'$ und $\frac{2(1+mt')}{a}$ bleiben dieselben wie vorhin.

Beispiele zur Berechnung nach Formel 16.

$$\log\frac{1}{MN'} = 3{,}9727988$$

	6ᵘ 35′		7ᵘ 34′	
$\log\log\frac{b'}{b}$	=7,2859622	. . . . .	7,2678285	
$\log\frac{1}{MN'}$	=3,9727988	. . . . .	3,9727988	
	$\log L$=1,2587610	$2\log L$=2,51752	1,2406273	$2\log L$=2,48125
$\log(1+mt')$	=0,0163948	. . . 0,01639	0,0232360	. . . 0,02324
	1,2751558	$\log(\frac{1}{12}p)$=6,17929	1,2638633	$\log(\frac{1}{12}p)$=5,94268n
	18,843	8,71320	18,360	8,44717n
	+ 0,052	. . . +0,052	− 0,028	. . . −0,028
	$r-a$=18^{T},895		$r-a$=18^{T},332	

3. Vorbereitung zur Berechnung des Höhenunterschiedes zwischen Derenburg und Brocken.

b und t: Barometer- und Thermometerstand in Derenburg

b' und t': " " " auf dem Brocken

$$\log \frac{1}{b} = 3{,}6105881; \quad \log \frac{m}{479{,}931} = 4{,}9796867 - 10$$

1849 Sept. 1	$\log \frac{b}{b'}$	$\log(1+mt')$	$t-t'$	$m\delta = \frac{m(t-t')}{479{,}931}$	$\frac{2(1+mt')}{a'}$	$\log p$
[illegible]	0,0481877	0,0186872	−0,8	−0,00000763443	+0,00000063916	4,844[illegible]
[illegible]	0,0481211	0,0219142	−1,0	954304	64392	4,949[illegible]
[illegible]	0,0479[illegible]	0,0256802	−1,9	−0,00001813177	64953	5,242[illegible]
[illegible]	0,0478781	0,0297854	−4,8	4580657	65570	5,654[illegible]
[illegible]	0,0479106	0,0329313	−5,7	5439533	66047	5,730[illegible]
[illegible]	0,0478[illegible]	0,0347712	−6,4	6107544	66327	5,781[illegible]
[illegible]	0,0479[illegible]	0,0366033	−7,6	7252710	66607	5,856[illegible]
[illegible]	0,0479[illegible]	0,0380635	−8,2	7825300	66832	5,889[illegible]
[illegible]	0,0477[illegible]	0,0380635	−8,2	7825300	66832	5,889[illegible]
[illegible]	0,0477[illegible]	0,0367861	−7,5	7157278	66635	5,850[illegible]
[illegible]	0,0477[illegible]	0,0351382	−7,1	6775560	66383	5,826[illegible]
[illegible]	0,0479[illegible]	0,0318236	−6,3	6012115	65878	5,774[illegible]

4. Vorbereitung zur Berechnung der Höhenunterschiede nach der Laplace'schen Formel.

$$P = 9407^{T},73\,(1 + 0{,}0025945 \cos 2\varphi)\left(1 + \frac{r-a}{a}\right)$$

Für Kupferkuhle — Brocken $\log P = 3{,}9732833$

" " — Derenburg — $= 3{,}9732195$

" Derenburg — Brocken — $= 3{,}9732809$

1849 Sept. 1	Kupferk.—Brocken $t+t'$	Kupferk.—Brocken $\log\left(1+\frac{t+t'}{400}\right)$	Kupferk.—Derenb. $t+t'$	Kupferk.—Derenb. $\log\left(1+\frac{t+t'}{400}\right)$	Derenb.—Brocken $t+t'$	Derenb.—Brocken $\log\left(1+\frac{t+t'}{400}\right)$
[illegible]	17,2	0,0182843	18,0	0,0191163	18,4	0,0195317
[illegible]	22,3	0,0235611	23,3	0,0245883	21,6	0,0228406
[illegible]	2[illegible],7	0,0270437	27,6	0,0289777	24,7	0,0260223
[illegible]	25,4	0,0267375	30,2	0,0316104	26,2	0,0275535
	27,4	0,0287745	33,1	0,0345282	28,7	0,0300935
	29,0	0,0303973	35,4	0,0368284	30,0	0,0314085
	[illegible],7	0,0311054	37,3	0,0387195	30,8	0,0322157
	[illegible]	0,0319132	38,7	0,0401077	31,8	0,0332227
		0,0319132	38,7	0,0401077	31,8	0,0332227
		0,0318123	37,9	0,0393150	31,1	0,0325180
		[illegible]310043	36,7	0,0381233	29,7	0,0311054
		[illegible]294852	34,4	0,0358298	26,9	0,0282662

Mit den unter 1. 2. 3 und 4. gegebenen Werthen sind die einzelnen Höhenunterschiede berechnet worden, deren Zusammenstellung und Vergleichung hier folgt.

A. **Höhenunterschiede zwischen Kupferkuhle und Brocken.**

trig. gemessen $= 498^{r},155$.

1849	Nach Gl. 14.		Nach Laplace.		Aus d. Zenithdistanzen in Kupferkuhle.	
Sept. 1.	$r-a$	Fehler	$r-a$	Fehler	$r-a$	Fehler
	r					
6ᵘ35′	489,377	−8,778	492,852	−5,303	506,885	+8,730
7 34	493,454	−4,701	497,436	−0,719	505,730	+7,575
8 34	495,412	−2,743	499,727	+1,572	502,558	+4,403
9 34	495,543	−2,612	499,836	+1,681	500,095	+1,940
10 34	497,203	−0,952	501,723	+3,568	498,889	+0,734
11 34	497,574	−0,581	502,247	+4,092	498,387	+0,232
12 34	498,755	+0,600	503,512	+5,357	497,674	−0,481
1 34	499,109	+0,954	503,970	+5,815	497,605	−0,550
2 34	498,818	+0,663	503,673	+5,518	497,540	−0,615
3 34	498,417	+0,262	503,254	+5,099	498,095	−0,060
4 34	497,396	−0,759	502,134	+3,979	498,437	+0,282
5 34	496,921	−1,234	501,517	+3,362	499,014	+0,859

Nach der oben angeführten Regel, dafs bei Höhenmessungen nur Beobachtungen zwischen 10 Uhr und $5\frac{1}{2}$ Uhr benutzt werden dürfen, geben

die letzten 8 Bestimmungen

nach Gl. 14 im Mittel . . . $498^{r},024$ Fehler $= -0^{r},131$

die letzten 8 Bestimmungen

nach Laplace . . . . . 502,754 Fehler $= +4,599$.

Auf Taf. IV Fig. 7 sind diese Resultate graphisch dargestellt.

B. **Höhenunterschiede zwischen Kupferkuhle und Derenburg.**

trig. gemessen $= 17^{r},563$.

1849	nach Gl. 16.		nach Laplace.	
Sept. 1.	$r-a$	Fehler	$r-a$	Fehler
6ᵘ35′	18,895	+1,332	19,027	+1,464
7 34	18,332	+0,769	18,482	+0,919
8 34	18,762	+1,199	18,932	+1,369
9 34	19,793	+2,230	19,975	+2,412

1849 Sept. 1.	nach Gl. 16. $r-a$	Fehler	nach Laplace $r-a$	Fehler
10 34	19,120	+1,557	19,309	+1,746
11 34	18,281	+0,718	18,474	+0,911
12 34	17,816	+0,253	18,012	+0,449
1 34	17,868	+0,305	18,069	+0,506
2 34	17,603	+0,040	17,803	+0,240
3 34	18,921	+1,358	19,126	+1,563
4 34	18,473	+0,910	18,671	+1,108
5 34	18,115	+0,552	18,302	+0,739

Die letzten 8 Bestimmungen geben im Mittel

1. nach Gleichung 16 . . . . $18^r,275$ Fehler $+0^r,712$
2. » Laplace . . . . . 18,470 » $+0,907$

C. **Höhenunterschied zwischen Derenburg und Brocken.**

trig. gemessen $= 480^r,592$.

1849 Sept. 1.	nach Gl 14. $r-a$	Fehler	nach Laplace. $r-a$	Fehler	Aus d. Zenithdistanzen in Derenburg. $r-a$	Fehler
6h 35′	471,790	−8,802	475,229	−5,363	482,764	+2,172
7 34	474,435	−6,157	478,197	−2,395	482,263	+1,671
8 34	475,687	−4,905	479,744	−0,848	481,280	+0,688
9 34	476,791	−3,801	480,980	+0,388	481,121	+0,529
10 34	479,654	−0,938	484,129	+3,537	480,748	+0,156
11 34	480,546	−0,046	485,167	+4,575	480,590	−0,002
12 34	482,302	+1,710	487,050	+6,458	480,555	−0,037
1 34	482,837	+2,245	487,701	+7,109	480,675	+0,083
2 34	481,505	+0,913	486,335	+5,743	480,646	+0,054
3 34	480,363	−0,229	485,104	+4,512	480,733	+0,141
4 34	479,301	−1,291	483,872	+3,280	480,672	+0,080
5 34	477,838	−2,754	482,118	+1,526	480,886	+0,294

Die letzten 8 Bestimmungen geben im Mittel

1. nach Gleichung 14 . . . . $480^r,543$ Fehler $-0^r,049$
2. » Laplace . . . . . 485,185 » $+4,593$

Bemerkungen.

1. Die stündlichen Beobachtungen sind hier nur deshalb einzeln berechnet worden, damit man den täglichen Gang der barometrisch gemessenen Höhen übersehen und sich überzeugen kann, dafs die Beobachtungen *vor* 10 Uhr Vormittags und *nach* $5\frac{1}{2}$ Uhr des Nachmittags die Hö-

hen zu klein geben. Wo es sich nur um die Bestimmung des Höhenunterschiedes handelt, wird man das arithmetische Mittel der, zwischen 10 Uhr und $5\frac{1}{2}$ Uhr beobachteten Barometer- und Thermometerstände in Rechnung nehmen, um gleich direct den mittleren Höhenunterschied zu erhalten.

2. Die völlig genügende Uebereinstimmung des Resultats zwischen den barometrisch und trigonometrisch gemessenen Höhen scheint die Berücksichtigung des in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampfes wenigstens für practische Zwecke überflüssig zu machen.

Wenn die des Morgens und Abends von unten nach oben stattfindende Wärmezunahme als die alleinige Ursache, weshalb die berechneten Höhen zu klein werden, angesehen werden kann, so läfst sich aus Gleichung (14) ermitteln, um wie viel die mittlere Temperatur der Luftschicht höher war als die Angabe des Thermometers an der unteren Station. Auf diese Weise findet man, dafs die mittlere Temperatur der Luftschicht höher war als t'

um	zw. Kupferk. — Brocken;	um	zw. Derenb.—Brocken.
6ᵘ 35′	4°,07		4°,25
7 34	2 ,19		2 ,98
8 34	1 ,29		2 ,39
9 34	1 ,23		1 ,86.

4. Ebenso wie des Morgens und des Abends die an den Stationen beobachtete Temperatur niedriger ist als die der dazwischen befindlichen Luftschicht, so kann es sich auch ereignen, dafs sie in der wärmeren Tageszeit zwischen 10 und $5\frac{1}{2}$ Uhr zu hoch beobachtet wird, besonders wenn nach kühlen Tagen plötzlich wieder Wärme und Windstille eintritt. In diesem Falle ist die Temperatur der zwischen den Stationen befindlichen Luftschicht niedriger als die Thermometer-Angaben, und die berechneten Höhen werden zu grofs gefunden. Ueberhaupt wird der Fehler der barometrischen Höhenmessungen bei weitem in den meisten Fällen in dem Unterschied der Temperatur zu suchen seyn, welcher zwischen der Wärme der Luftschichten und den Thermometer-Angaben stattfindet.

Aus dem Bisherigen geht hervor, dafs man in der Ebene und in der Nähe der Erdoberfläche von Wärmeabnahme eigentlich nur wenige Stunden vor und nach dem Maximum der Temperatur reden kann und dafs während der übrigen Stunden des Tages (wenigstens an warmen und heiteren Tagen) von unten nach oben zuerst Wärmezunahme stattfindet, die in einer gewissen Höhe erst in Wärmeabnahme übergeht. Wie hoch diese Wärmezunahme sich erstrecke, ob sie an bedeckten Tagen ebenfalls stattfinde, in welchen Beziehungen sie zu den Luftströmungen und Windrichtungen stehe u. s. w, kann nur durch besondere für diesen Zweck angeordnete Beobachtungen festgestellt werden. Vorschläge, wie dieselben zu bewerkstelligen, sind in meiner oben erwähnten Abhandlung über die Strahlenbrechung weiter ausgeführt. Für die Theorie der Strahlenbrechung, für die Meteorologie und für die Kenntnifs unserer Atmosphäre überhaupt würde eine genauere Ermittelung dieser Thatsachen gewifs sehr wünschenswerth seyn.

5. Die Fehler der Höhen aus Barometermessungen, in so fern sie sich auf andere Lufttemperaturen beziehen als beobachtet wurden, sind unabhängig von der Entfernung der Stationen; die Fehler der trigonometrisch bestimmten Höhen dagegen, welche aus derselben Ursache entstehen, haben das entgegengesetzte Zeichen und wachsen in einem quadratischen Verhältnifs mit den Entfernungen. Sind S und s die Entfernungen der Stationen I und II in der Ebene, von einer dritten auf dem Gebirge, und sind auf allen drei Stationen Barometer- und Thermometer-Beobachtungen gemacht und gleichzeitig Zenithdistanzen gemessen, so werden, wenn die Temperatur der zwischen unten und oben befindlichen Luftschicht von der beobachteten Temperatur um gleiche Gröfse abweicht, die Fehler der Höhenunterschiede aus den Barometermessungen auf beiden Stationen
h grofs seyn; die Fehler der Höhenunterschiede aus
den unteren Stationen beobachteten Zenithdistanzen
werden sich verhalten wie $S^2 : s^2$. Es mufs da-
rnung S geben, in welcher, bei gleicher

Temperaturabweichung der Luftschicht, die Fehler der Höhen aus der trigonometrischen Messung, den Fehlern aus der barometrischen Bestimmung gleich werden, nur mit entgegengesetztem Zeichen. In dieser Entfernung S wird das arithmetische Mittel aus den gleichzeitigen barometrischen und trigonometrischen Bestimmungen zu jeder Tageszeit die richtige Höhe geben.

Dasselbe findet auch für jede andere Entfernung s statt, wenn der Fehler der trigonometrischen Messung auf den constanten barometrischen Fehler reducirt wird. Es sey V der trigonometrische Fehler für die Entfernung S und gleich dem barometrischen Fehler; v der trigonometrische Fehler für die Entfernung s, so hat man $V:v=S^2:s^2$; daher $V=\frac{vS^2}{s^2}$. Wenn man also die trigonometrische Fehler auf Station II mit $\frac{S^2}{s^2}$ multiplicirt und dann aus diesen, auf die angegebene Weise corrigirten Höhen und den barometrischen Höhen, wie vorhin, das arithmetische Mittel nimmt, so erhält man ebenso den richtigen Höhenunterschied zwischen den Stationen II und III.

Macht man hiervon die Anwendung auf die oben unter *A* berechneten Höhenunterschiede zwischen Kupferkuhle und Brocken, so stellt sich heraus, dafs die Fehler der Barometermessung zwar nicht völlig, aber doch nahe den Fehlern der trigonometrischen Bestimmung gleich sind. Man kann daher die Entfernung Kupferkuhle-Brocken oder S vorläufig als diejenigen annehmen, wo beide Fehler gleich werden.

Das Mittel aus sämmtlichen Barometerhöhen ist $=496^{r},498$
» » » » trigonomet. Höhen ist $=500,076$
die Summe beider $=996,574$

Die halbe Summe giebt daher den Höhenunterschied $=498,287$ und derselbe ist nur um $0^{r},131$ zu grofs.

Für den Höhenunterschied Derenburg-Brocken (unter *C.*) ist die Summe der trigonometrischen Fehler $=+5,829$; der corrigirte Werth $\frac{S^2}{s^2}.5,829=19^{r},119$, also das Mittel

der corrigirten trigonometrischen Höhen $= 480{,}592 + \frac{19{,}119}{12}$

$= 482^{r}{,}185$

das Mittel der Barometerhöhen . . . . . $= 478{,}587$

die Summen beider $= 960{,}772$

daraus folgt der Höhenunterschied $= 480^{r}{,}386$, welcher nur um $0^{r}{,}206$ zu klein ist.

Diese gleich grofsen, aber entgegengesetzten Abweichungen zwischen den barometrisch und trigonometrisch gemessenen Höhen, welche zu den verschiedenen Tageszeiten stattfinden, beweisen, dafs ihre gemeinschaftliche Ursache in der Temperatur der Luftschicht, welche sich zwischen beiden Stationen befindet, zu suchen ist, und dafs man, bei bekannten Höhenunterschieden, durch die Verbindung beider Beobachtungsweisen die wahre mittlere Temperatur der betreffenden Luftschicht ermitteln kann.

In den angeführten Fällen war die Temperatur der Luftschicht höher als die beobachtete; wäre dieselbe niedriger gewesen, so würden sich die Zeichen umgekehrt haben, d. h. die Fehler der Barometermessung würden positiv und die der trigonometrischen Bestimmung negativ geworden seyn.

III. *Ueber die specifische Wärme einiger einfachen Körper und über die isomeren Modificationen des Selens; von Hrn. V. Regnault.*

(*Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. XLVI. p.* 257.)

Dulong und Petit sprachen zuerst das merkwürdige physikalische Gesetz aus: *die specifischen Wärmen der einfachen Körper sind umgekehrt proportional den Atomgewichten derselben.* Die Versuche, auf welche sie dieses Gesetz gründeten, waren wenig zahlreich und mehre kamen später in Widerspruch, da genauere Analysen und eine voll-

ständigere Kenntnifs der chemischen Verbindungen beträchtliche Veränderungen in den Atomgewichten einiger einfachen Körper herbeiführten. Defsungeachtet haben die zahlreichen Versuche, welche ich vor funfzehn Jahren über alle in ausreichender Menge zu erlangenden einfachen Körper anstellte, gezeigt, dafs das Dulong-Petit'sche Gesetz angenommen werden mufs, zwar nicht in dem strengen Sinne, wie diese berühmten Physiker es wollten, wohl aber als approximatives Gesetz, welches bei vielen wissenschaftlichen Betrachtungen mit Nutzen gebraucht werden kann. Nach dem strengen Wortlaut des Gesetzes mufs nämlich das Product aus der specifischen Wärme eines einfachen Körpers in sein Atomgewicht eine constante Zahl seyn, während dasselbe, nach meinen Versuchen mit starren Körpern, von 36 bis 41 schwankt. Diese Schwankung entspringt daraus, dafs die specifische Wärme der Körper, so wie wir sie durch unsere Versuche bestimmen, nicht blofs die *specifische Atomwärme* d. h. die Wärmemenge, die zur Temperatur-Erhöhung des Atoms um einen Grad nöthig ist, in sich fafst, sondern auch jene Wärme, welche verschwindet beim Ausdehnen des Körpers oder bei den Molecularveränderungen, die sein allmähliches Erweichen herbeiführen oder die Veränderungen seiner Krystallgruppen bedingen. Diese secundären Effecte absorbiren Wärmemengen, die keineswegs den Atomgewichten der Körper reciprok sind, sondern für jeden derselben variiren, je nach den Temperaturgränzen, zwischen welchen man sie beobachtet.

Um sich davon zu überzeugen, braucht man nur die bei sehr verschiedenen Punkten der Thermometerskale bestimmten specifischen Wärmen einiger einfachen Körper mit einander zu vergleichen; man erkennt sogleich, dafs die Verhältnisse sich merklich mit der Temperatur verändern; und da die Atomgewichte dieselben bleiben, so ist klar, dafs das Product der specifischen Wärme in das Atomgewicht variiren mufs mit der Temperatur und zwar ungleich für jedes derselben.

Endlich ist die specifische Wärme eines selben Körpers oft sehr verschieden, je nachdem man ihn im starren, im flüssigen oder im gasigen Zustand betrachtet. Während nämlich bei allen einfachen Körpern, die ich in meinen früheren Abhandlungen studirt habe, das Product der specifischen Wärme in das Atomgewicht von 36 bis 41 schwankt, beträgt es bei den einfachen Gasen, die sich wenig vom Mariotte'schen Gesetz entfernen, wie Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, nur 24,0 und beim Chlor- und Bromgase, die davon sehr bedeutend abweichen [1]), 29,5. Ueberdiefs ist die Wärmecapacität bei den Gasen, die dem Mariotte'schen Gesetze beinahe folgen, an verschiedenen Punkten der Skale des Lufthermometers fast constant, während sie bei allen Gasen, die, wie die Kohlensäure, sich bedeutend von diesem Gesetz entfernen, rasch mit der Temperatur steigt. Diese letzte Bemerkung allein ist hinreichend zum Beweise, dafs das Dulong-Petit'sche Gesetz nicht als ein strenges betrachtet werden kann.

Defsungeachtet wird heut zu Tage Niemand zweifeln, dafs das Dulong-Petit'sche Gesetz, wenn man es nur auf einfache, in gleichem physischem Zustand befindliche Körper anwendet, bei der Wahl der Atomgewichte solcher Körper eine grofse Stütze gewährt, wenn die chemischen Betrachtungen davon mehre als gleich erscheinen lassen. Auf dieses Gesetz gestützt, habe ich auch vorgeschlagen, die Atomgewichte der Alkali-Metalle und das des Silbers auf die Hälfte der Werthe zu reduciren, welche insgemein von den Chemikern angenommen werden. Diese mit dem Isomorphismus übereinstimmende Aenderung wird bald allgemein angenommen werden.

Ueberzeugt von der Nützlichkeit, die noch nicht bestimmten specifischen Wärmen einfacher Körper möglichst bald zu erlangen, habe ich nie versäumt, Versuche anzustellen, so bald ich mir einen Körper in hinreichender Menge und in hinreichend reinem Zustand verschaffen konnte. Die diefsjährige allgemeine Ausstellung in Paris gab mir dazu

1) *Mém. de l'Acad. des sciences, T. XXVI.*

eine günstige Gelegenheit, indem sie einfache, oft sehr reine Körper zu meiner Verfügung stellte, mit welchen ich noch nicht experimentirt hatte.

Diese neuen Versuche wurden mit dem Apparat und nach dem Verfahren angestellt, die in meiner ersten Abhandlung beschrieben sind [1]). Die einzige Abänderung meiner älteren Methode bestand in der Bestimmung der Correction, die man an der Temperatur-Erhöhung des Calorimeters anbringen mufs, um die Störungen abseitens äufserer Ursachen in Rechnung zu ziehen. Diese Abänderung übt übrigens wenig Einfluſs auf die Resultate aus. Das Verfahren war folgendes.

1. Man beobachtete 3 Minuten lang die Temperatur-Veränderung $\Delta\vartheta$, die das Calorimeter bloſs vermöge störender Ursachen erlitt, dabei das Wasser durch den kleinen Agitator (*agitateur à palette*) fortwährend in Bewegung haltend.

2. Man brachte das Calorimeter rasch unter den Ofen, in welchen das Körbchen mit der zu untersuchenden Substanz zuvor auf eine wohl bestimmte und 100° C. nahe liegende Temperatur gebracht worden war. Man lieſs das Körbchen rasch in das Wasser des Calorimeters hinab und brachte darauf diesen wieder in seine ursprüngliche Stellung, vor das horizontale Fernrohr, welches zum Ablesen seines Thermometers diente. Um das Calorimeter unter den Ofen zu bringen, und die nöthigen Vorkehrungen zum Hinablassen des Korbes zu machen, ward eine halbe Minute angewandt, und während dieser Zeit erlitt das Calorimeter eine Temperatur-Veränderung ähnlich der, welche in derselben Zeit während der ersten Periode stattfand. Das Hinablassen des Körbchens erforderte nur einige Sekunden und da dasselbe sogleich bewegt wurde, nahm das Wasser in weniger als einer Minute sein Temperatur-Maximum an, sobald die Substanz ein guter Wärmeleiter war. Am Ende der 4. Minute wurde das Calorimeter in seine ursprüngliche

1) *Ann. de chim. et de phys., Ser. II, T. LXXIII, p.* 20. (Ann. Bd. 51, S. 196.)

Stellung gebracht und man konnte die Temperatur an seinem Thermometer aufzeichnen.

3. Hierauf beobachtete man, von Minute zu Minute bis zur siebenten, die Temperatur des Calorimeters und die des umgebenden Mittels.

4. Endlich wurde während den drei folgenden Minuten, also von der 7. bis zur 10., die Temperatur-Veränderung aufgezeichnet, welche das Calorimeter unter blofsem Einfluſs störender Ursachen erlitt.

Seyen: A der Wasserwerth des Calorimeters mit seinen Anhängseln, d. h. dem eingetauchten Theil des Thermometers und dem kleinen Agitator; — M das Gewicht der dem Versuch unterworfenen Substanz; — p der Wasserwerth des Körbchens; — T die vom Thermometer des Ofens angegebene Temperatur, berichtigt wegen des draufsen befindlichen Theils der Säule; — ϑ' die Temperatur des Calorimeters am Ende der siebenten Minute; — $\Delta\vartheta$ die Temperatur-Erhöhung des Calorimeters, beobachtet zwischen dem Ende der dritten und dem der siebenten Minute; — $\Delta\vartheta'$, die Erhöhung, welche es erlitten haben würde, wenn äufsere störende Ursachen nicht eingewirkt hätten; — c die unbekannte specifische Wärme, so wird man haben:

$$(Mc + p)(T - \vartheta') = A\Delta\vartheta'.$$

Gesetzt, es sey während der ersten Periode von drei Minuten die Temperatur des Calorimeters unter der der umgebenden Luft, so wird es eine Erwärmung a erleiden. Ist dagegen diese Temperatur während der letzten Periode von drei Minuten höher als die der umgebenden Luft, so wird das Calorimeter um eine Gröfse a' erkalten. Man nahm an, dafs das Calorimeter von Minute 3 bis Minute $3\frac{1}{2}$ fortfuhr, dieselbe Temperatur-Veränderung zu erleiden, wie in den drei vorhergehenden Minuten, dafs es also eine Temperatur-Erhöhung von $\frac{a}{6}$ erlitt. Bei Minute $3\frac{1}{2}$ wurde das Körbchen hinabgelassen; man setzte voraus, dafs die Temperatur des Calorimeters von Minute $3\frac{1}{2}$ bis Minute 4

nicht durch störende Ursachen influencirt würde, weil das Calorimeter während dieser Periode seine Temperatur-Veränderung fast vollständig durchlief. Von Minute 4 bis Minute 7 änderte die Temperatur sich nicht merklich, und man konnte annehmen, dafs die von äufseren Ursachen bewirkte Störung ähnlich wäre der, welche während der drei folgenden Minuten, d. h. von Minute 7 bis Minute 10, eintrat.

Hiernach hat man:

$$\Delta\vartheta' = \Delta\vartheta - \tfrac{1}{6}a + a'.$$

Dieſs Verfahren eignet sich indefs nur für gute Wärmeleiter; bei anderen Körpern bedarf es oft einer ziemlich langen Zeit, ehe das Thermometer des Calorimeters seine stationäre Temperatur erreicht. Es ist dann nothwendig, die von den äufseren Ursachen in jeder Minute herbeigeführte Temperatur-Veränderung zu berechnen. Bezeichnen t und t' diese umgebenden Temperaturen während der Anfangs- und der Endperiode von 3 Minuten, so kann man setzen:

$$\tfrac{1}{3}a = A(\vartheta - t) + K, \quad \tfrac{1}{3}a' = A(\vartheta' - t') + K,$$

wo A und K Constanten sind, die durch diese Versuche selbst bestimmt werden. Die Temperatur-Veränderung, die für eine Temperatur ϑ des Calorimeters und eine äufsere Temperatur t während jeder Minute erfolgt, wird seyn:

$$A(\vartheta - t) + K.$$

Osmium.

Das zu meinen Versuchen dienende Osmium verdanke ich der Gefälligkeit des Hrn. Fremy; es hatte die Form einer schwammigen Masse von leichtem Zusammenhalt und bläulichem Metallglanz. Folgendes sind die Data der drei angestellten Versuche:

	I.	II.	III.
M	60^{grm},63	55^{grm},60	55^{grm},37
p	2^{grm},258	2^{grm},258	2^{grm},258
T	97°,50	97°,49	98°,08
ϑ'	8°,50	6°,58	9°,00
$\Delta\vartheta'$	0°,76485	0°,75212	0°,72311
A	483^{grm},02	483^{grm},02	483^{grm},02
c	0,0310	0,0308	0,0301

Mittel 0,03063.

Das Aequivalent des Osmiums ist, nach Berzelius: 1244,2, was für die Osmiumsäure die Formel OsO_6 giebt. Das Product aus dem Aequivalent in die von uns gefundene specifische Wärme beträgt 38,109; es liegt also zwischen den beiden Extremen 36 und 41, welche wir bei anderen einfachen Körpern angetroffen haben. Somit bestätigt also der für die specifische Wärme des Osmiums gefundene Werth die Formeln, welche die Chemiker gewöhnlich den Verbindungen dieses Metalles beilegen.

Rhodium.

Das Rhodium, mit dem ich experimentirte, gehörte zu den Gegenständen, welche die Platinfabrikanten HH. Desmoutis, Chapuis et Comp. ausgestellt hatten. Es bildete einen einzigen geschmiedeten Cylinder, vom Ansehen dem Platin ähnlich. Bei dem Versuch zur Bestimmung seiner specifischen Wärme wurde dieser Cylinder an einem so dünnen Stahldraht aufgehängt, dafs dessen Wärmecapacität vernachlässigt werden konnte.

m	98^{grm},07	98^{grm},07	98^{grm},07
p			
T	97°,52	97°,45	97°,40
ϑ'	23°,34	19°,20	23°,25
$\Delta\vartheta'$	0°,9348	0°,9749	0°,9681
A	422^{grm},54	422^{grm},54	422^{grm},54
c	0,05357	0,05368	0,05499

Mittel 0,05408

Nach Berzelius ist das Aequivalent des Rhodiums 652,1: das Product aus diesem in die specifische Wärme wird also 35,26. Diese Zahl ist etwas kleiner als die für die anderen einfachen Körper gefundenen; allein der Unterschied ist doch sehr gering, und kann von der Beimengung einer kleinen Menge eines anderen Metalls, vermuthlich Iridium, herrühren.

Iridium.

Schon in meiner ersten Abhandlung über die specifische Wärme einfacher Körper habe ich einige Versuche mit einem Iridium mitgetheilt, das mir von Hrn. v. Meyendorff geliehen worden war. Ich fand für die specifische Wärme 0,03683, was mit dem für gewöhnlich angenommenen Aequivalent 1233,2 multiplicirt, 45,43 giebt. Da diese Zahl viel zu grofs war, so hielt ich das Metall für unrein.

Die neue Probe, mit der ich operirte, war von den HH. Desmoutis. Chapuis et Comp. zur Austellung geliefert worden; sie bildete die Hälfte einer durch Stofs stark zusammengedrückten Scheibe und wog $509^{grm},21$. Bei dem Versuch hing das Metall an einem dünnen Stahldraht.

m	$509^{grm},21$	$509^{grm},21$	$509^{grm},21$	$509^{grm},21$
p				
T	$97°,87$	$97°,15$	$97°,81$	$97°,47$
ϑ'	$22°,34$	$21°,64$	$24°,15$	$24°,59$
$\Delta\vartheta'$	$3°,3808$	$3°,1787$	$3°,2494$	$3°,1620$
A	$422^{grm},54$	$422^{grm},54$	$422^{grm},54$	$422^{grm},54$
c	0,03703	0,03570	0,03649	0,03597

Mittel: 0,0363.

Dieser Werth weicht sehr wenig ab von dem, welchen ich mit dem Iridium des Hrn. v. Meyendorff gefunden hatte. Das Product aus der specifischen Wärme in das Atomgewicht ist 44,76 und liegt nicht zwischen den Gränzen, die wir bei anderen Körpern gefunden haben. Diese Anomalie läfst sich auf zweierlei Weisen erklären; entweder ist das Metall unrein, oder sein Atomgewicht unrichtig. Ist das Metall nicht rein, was mir nach dem geringen spe-

cifischen Gewicht, welches ich für dasselbe fand, wahrscheinlich erscheint, so kann es nur gemengt seyn mit Palladium, Rhodium oder Ruthenium; denn das Platin und das Osmium würden, da sie beinahe dasselbe Atomgewicht besitzen, seine specifische Wärme nicht abändern. Es ist wenig wahrscheinlich, dafs es Palladium sey, wegen der chemischen Eigenschaften dieses Metalls und wegen der Natur des zur Darstellung des Iridiums angewandten Erzes. Es kann nur Rhodium oder Ruthenium seyn, deren Atomgewicht nur halb so grofs wie das des Platins ist, oder auch ein noch unbekanntes Metall, dafs in gleichem Falle wäre. Es ist zu wünschen, dafs die Chemiker, die sich in diesem Augenblick mit dem Studium der das Platin begleitenden Metalle beschäftigen, ihre Aufmerksamkeit auf diesen Punkt richteten.

Aluminium.

Das zu meinen Versuchen angewandte Aluminium war von Hrn. Deville bereitet; er hatte es zu vier Barren ausgegossen.

M	147gr,80	147gr,80	147gr,80	147gr,80	147gr,80	147gr,80
p	28gr,335	28gr,335	28gr,335	28gr,335	28gr,335	28gr,335
T	97°,54	97°,33	97°,21	96°,82	97°,59	97°,76
θ'	25°,81	28°,07	24°,02	26°,18	23°,92	22°,68
$A\,\theta'$	5°,5197	5°,3866	5°,6361	5°,4628	5°,6974	5°,7821
A	422gr,54	422gr,54	422gr,54	422gr,54	422gr,54	422gr,54
c	0,20471	0,20800	0,20436	0,20581	0,20581	0,20490

Mittel: 0,20556.

Das Product aus dieser specifischen Wärme in das Aequivalent 170,98, welches man dem Aluminium gewöhnlich giebt, ist 35,15. Diese Zahl ist etwas geringer als die analogen Producte bei anderen einfachen Körpern; allein diefs rührt davon her, dafs das von mir angewandte Metall keineswegs rein war. In der That enthielt dieses Metall, nach der auf meine Bitte von Hrn. Salvétat unternommenen Analyse:

Silicium	2,87
Eisen	2,40
Kupfer	6,38
Blei	Spur
Aluminium (als Rest)	88,35
	100,00.

Nach dieser Zusammensetzung und nach den specifischen Wärmen der beigemengten Metalle kann man die des reinen Aluminiums sehr approximativ berechnen; nur mufs man über die bisher noch nicht bestimmte specifische Wärme des Siliciums eine Hypothese machen. Wir wollen sie zu 0,1425 annehmen, weil das Product dieser Zahl in das Atomgewicht 266,7 des Siliciums 38 ist. Allein diefs setzt voraus, dafs die Formel für die Kieselsäure SiO_3 sey, was keineswegs bewiesen ist. Wie dem auch seyn möge, der aus der Unrichtigkeit dieser Hypothese entspringende Fehler würde hier sehr unbedeutend seyn. Man findet somit die specifische Wärme des reinen Aluminiums zu 0,2181, und das Product dieser Zahl in das Aequivalent des Aluminiums ist 37,29, liegt also ganz innerhalb der bezeichneten Gränzen.

Der so für die specifische Wärme des Aluminiums gefundene Werth bestätigt vollkommen die Formel Al_2O_3, welche die Chemiker für die Thonerde, nach der Isomorphie derselben mit dem Eisenoxyd, angenommen haben.

Es ist mir geglückt, mir ein reineres Aluminium zu verschaffen, welches von Hrn. Rousseau dargestellt worden war. Es enthielt nur Spuren vom Silicium und 2 Procent Eisen. Zwei Bestimmungen gaben mir folgende Resultate:

M	134grm,81	124grm,595
p	2grm,030	2grm,030
T	97°,44	97°,31
ϑ'	15°,51	13°,71
$\Delta\vartheta'$	5°,9445	5°,6308
A	422grm,54	422grm,54
c	0,21236	0,21212

Mittel: 0,21224.

Berücksichtigt man die 2 Proc. Eisen, welche das Metall enthält, so findet man die spec. Wärme des reinen Aluminiums zu 0,2143, und das Product dieser Zahl in das Aequivalent ist 36,64.

Kobalt.

Die von den HH. Johnson und Matthey aus London ausgestellten Sachen enthielten sehr schöne Proben von Kobalt und Nickel; ich habe dieselben zu einigen neuen Bestimmungen ihrer specifischen Wärme benutzt, obgleich beide unglücklicherweise noch Kohle enthielten, besonders das Nickel.

M	218^{grm},29	218^{grm},29
T	97°,84	97°,83
ϑ'	25°,90	21°,80
$\Delta\vartheta'$	4°,3861	4°,6110
A	422^{grm},54	422^{grm},54
c	0,10686	0,10706

Mittel: 0,10696.

Das Product dieser specifischen Wärme in das Atomgewicht 369 giebt 39,47. Diese specifische Wärme ist wahrscheinlich etwas zu grofs, übrigens aber identisch mit der, welche ich bei meinen früheren Versuchen für das Kobalt fand.

Nickel.

Bei meinen älteren Versuchen fand ich für das Nickel, bereitet durch Glühen des Oxalats in verschlossenen Gefäfsen, die specifische Wärme 0,1086. Meine neuen Versuche gaben mir einen etwas anderen Werth, allein das Nickel des Hrn. Johnson war sehr kohlehaltig, wie sich leicht durch Auflösung desselben in Chlorwasserstoffsäure erkennen liefs.

M	229^{grm},78	229^{grm},78
T	97°,92	97°,93
ϑ'	21°,41	20°,46
$\Delta\vartheta'$	5°,0295	5°,0854
A	452^{grm},54	422^{grm},54
c	0,1110	0,1109

Mittel: 0,11095.

Das Product dieser specifischen Wärme in das Atomgewicht 369,7, welches man gewöhnlich dem Nickel beilegt, ist 41,00. Wahrscheinlich ist die specifische Wärme des reinen Nickels bedeutend geringer, nicht über 0,103 hinausgehend.

Natrium.

Meine älteren Versuche über die Wärmecapacität der binären Verbindungen und der Salze der Alkali-Metalle haben gezeigt, dafs man die bisher von den Chemikern angenommenen Atomgewichte dieser Metalle durch 2 dividiren mufs [1]). Directe Untersuchungen über das Kalium haben mich seitdem zu demselben Schlufs geführt [2]). Es war wichtig diefs Resultat zu bestätigen für das Natrium, welches man sich gegenwärtig so leicht im Zustande grofser Reinheit verschafft, und nicht so schwierig zu behandeln ist wie das Kalium. Vor etwa sechs Jahren sandte mir Hr. Liebig eine gewisse Menge Natrium, die er in seinem Laboratorium zu Giefsen eigends zu diesem Behufe hatte darstellen lassen; Beschäftigungen mancherlei Art hielten mich aber bisher von der Anstellung der Versuche ab. Jetzt habe ich sie ausgeführt, theils mit jenem Natrium des Hrn. Liebig, das in zugeschmolzenen Glasröhren seinen Glanz unverändert behalten hatte, theils mit frisch von Hrn. Rousseau bereitetem Natrium.

Nach Zerbrechen der Röhren, welche das Liebig'sche Natrium enthielten, erkannte ich, dafs dasselbe zwei sehr verschiedene physische Zustände darbot. Ein Theil war vollkommen schmiedbar, liefs sich ohne zu brechen nach allen Richtungen biegen und zeigte keine Spur von Krystallisation; ein anderer dagegen war aufserordentlich brüchig und zeigte durch seine Bruchflächen Pentagonaldodecaëder von vollkommenster Regelmäfsigkeit. Diese Dodecaëder liefsen sich sogar von der Masse mit gröfster Leich-

1) *Ann. de chim. et de phys., Ser. III T. I, p.* 191 (Ann. Bd. 53, S. 251).

2) *Ann. de chim. et de phys., Ser. III T. XXVI, p.* 266. (Ann. Bd. 77, S. 105.)

tigkeit ablösen, und stellten dann die vollständigsten Krystalle dar, zuweilen von einem Durchmesser über 3 Millimeter. Diese Verschiedenheit rührt wahrscheinlich von Gegenwart einer kleinen Menge Kalium her.

Ich goſs das unter Naphtha geschmolzene Natrium in eine Form aus. Dieselbe (Fig. 15 Taf. I) bestand aus einem schwach konischen Mantel *abcd*, an welchen sich ein in der Mitte *f* durchbohrter Boden *ca* schrauben lieſs. Dieses Loch war durch einen ebenfalls konischen Stift verschlossen. Die geschmolzene Masse wurde in den ringförmigen Raum gegossen. Wenn sie durch das Erkalten erstarrt war, schrob man den Boden *cd* ab, und nahm die Masse gleich wie den Stift *ef* heraus; somit erhielt man das Natrium in Gestalt eines längs seiner Axe durchbohrten Cylinders. Nach dem Erkalten wurde das Natrium wohl abgewischt und seine obere Fläche, die mit der Luft in Berührung gestanden, abgeschnitten; dann wickelte man den Cylinder sogleich in ein Blatt Zinnfolie, dessen Gewicht zuvor bestimmt worden war. Hierauf konnte man ihn nach beliebiger Zeit wägen und die zur Bestimmung der Wärmecapacität nöthigen Versuche vorrichten. Ich hielt es für nöthig, sie bei Temperaturen unter 0° zu bestimmen, um den Anomalien auszuweichen, die bei höherer Temperatur aus der allmählichen Erweichung des Natriums erfolgt seyn würden.

Um die Substanz in eine gleichförmige und genau bestimmbare Temperatur zu versetzen, bediente ich mich des Apparats (Fig. 16 Taf. I), welcher auch für höhere Temperatur anwendbar ist. Derselbe besteht aus einem länglichen auf einem Gestelle *MN* stehenden Bottich *CDEF*, durch den ein Messingrohr *AB* geneigt so durchgeht, daſs seine beiden offenen Enden auſserhalb münden. In die Mitte dieses Rohrs wird die Substanz gebracht, welche einer bestimmten Temperatur ausgesetzt werden soll. Im gegen-
ren Fall ist der Natriumcylinder *K* an zwei Seiden-
efestigt, die durch die Röhre *AB* gehen und von
verschlieſsenden Stöpseln gehalten werden.
r *T*, das mit seinem Behälter in dem cen-

tralen Kanal des Natriumcylinders steckte, ist mittelst eines Propfens in dem Stöpsel A eingelassen. Man füllt den Bottich mit einem Gemenge von zerstofsenem Eise und krystallisirtem Chlorcalcium und rührt diefs Gemenge beständig um. Die Temperatur sinkt beständig, aber es erfordert viel Zeit, dafs sie ihr Minimum erreicht, was dann 10 bis 15 Minuten stationär bleibt. Diesen Moment nun wählt man zur Anstellung des calorimetrischen Versuchs.

In das Calorimeter V bringt man eine bestimmte Menge Naphtha, die zuvor über metallisches Natrium destillirt worden ist. Allein man mufs den Wasserwerth des so vorgerichteten Calorimeters kennen. Zu dem Ende machte ich mit diesem Calorimeter die Bestimmung der Wärmecapacität des Bleis zwischen der Temperatur der Umgebung und der des Siedpunktes von Wasser. Da die specifische Wärme des Bleis zwischen diesen Temperaturgränzen bekannt ist, so läfst sich aus diesem Versuch der calorifische Wasserwerth unseres mit Naphtha gefüllten Calorimeters herleiten. Folgendes waren die also angestellten Versuche:

Gewicht des Blei	636^{grm},45	636^{grm},45
spec. Wärme desselb.	0^{grm},03140	0^{grm},03140
T	96°,77	97°,076
ϑ'	14°,165	15°,085
$\Delta\vartheta$	10°,1691	10°,1691
log A	2,2071712	2,2104166

Mittel von Log $A = 2{,}2087939$

Ich prüfte diesen Werth durch einen Versuch mit derselben Bleimasse, die in der Kältemischung erkaltet worden war; ich erhielt:

P		636^{grm},45
T	—	28°,030
ϑ'	+	6°,31
$\Delta\vartheta'$		4°,2795
log A		2,1994784.

Ich habe die specifische Wärme des Bleis zwischen — 28° und den gewöhnlichen Temperaturen zu 0,0310 angenommen. Und wirklich haben wir gefunden:

zwischen + 15° und + 98° . . . 0,03140 [1])
» — 78° und + 10 . . . 0,03065 [2])

Das Mittel 0,310 kann man als gültig für Temperaturen zwischen — 28° und + 7° betrachten.

Der durch diesen Versuch gegebene Werth von $\log A$ ist etwas geringer als der, den die beiden ersten Versuche geliefert haben. Ich nehme aus den drei ersten Werthen das Mittel, nämlich: 2,2056887.

Folgendes sind nun die Resultate, die ich mit dem Natrium erhielt:

	Natr. von Liebig.		Natr. von Rousseau.	
	I.	II.	III.	IV.
Gewicht des Natriums	58gr,918	58gr,918	56gr,580	56gr,580
Gewicht der Zinnfolie	2gr,152	2gr,152	2gr,700	2gr,700
T	— 34°,573	— 30°,126	— 29°,276	— 21°,628
θ'	4°,7121	5°,0756	7°,242	7°,041
$\Delta\theta'$	4°,2787	3°,9356	3°,7913	3°,0315
c	0,29480	2,30267	0,29205	0,29742

Specifische Wärme des Zinns 0,0562,

Die Versuche II und IV wurden angestellt mit den Natriumcylindern, die zu den Versuchen I und III gedient hatten. Zu dem Ende wickelte man vom Natriumcylinder, sogleich wie es aus der Naphtha genommen worden, die Zinnfolie ab, wischte ihn sorgfältig mit Josephspapier ab und brachte ihn sogleich in die von der Kältemischung umgebene Röhre. Die Versuche III und IV sind weniger genau als die I und II, zunächst, weil das Metall eine stärkere Veränderung an der Luft erlitten hatte und dann, weil die Kältemischung schon in der Temperatur zu steigen anfing, das Thermometer also zu Anfange des calorimetrischen Versuchs nur ein relatives Minimum anzeigte, welches nicht verweilte und welches weniger genau für die ganze Metallmasse galt als das absolute und stationäre Minimum, bei dem die Bestimmungen I und III gemacht

[1]) *Ann. de chim et de phys., Ser. II. T. LXXIII. p.* 40. (Ann. S. 216.

[2]) *l, T. XXVI, p.* 273.

worden waren. Es ist also zweckmäfsig nur das Mittel aus den Bestimmungen I und III zu nehmen, was für die specifische Wärme des metallischen Natriums giebt: 0,2934.

Das Product aus dieser specifischen Wärme in das Atomgewicht 287,2, welches die Chemiker für das Natrium annehmen, ist 84,2; allein das Product in die Hälfte 143,6 dieses Gewichts ist 42,1. Nur dieses letztere Product fällt zwischen die Gränzen, welche wir für andere einfache Körper aufgefunden haben. Es ist also klar, dafs das Atomgewicht des Natriums 143,6 ist und dafs die Formel des Natrons mufs Na_2O und nicht NaO geschrieben werden.

Man nimmt an, der Schmelzpunkt des Natriums liege bei etwa 90° C. Ich wollte ihn genau bestimmen. Ich gofs geschmolzenes Natrium in eine weite Glasröhre, tauchte in das geschmolzene Metall ein Quecksilberthermometer und verfolgte den Gang seines Erkaltens. Bei mehren Versuchen wurde das Thermometer stationär bei einer Temperatur, welche, berichtigt für den nicht in das Metall getauchten Theil des Stiels, genau 97°,63 C. entsprach. Die stationäre Temperatur, die sich während der Krystallisation des flüssigen Natriums einstellt, ist also 97°,63 und dieſs ist das einzige Element dieser Art, welches sich genau bestimmen läfst.

Kalium.

Ich hielt es nicht für nöthig, die specifische Wärme des Kaliums abermals zu bestimmen, da meine früheren Versuche [1]) hinreichen zu den Schlüssen in Bezug auf das Atomgewicht dieses Metalls. Das Kalium erleidet eine successive Erweichung mit der Temperatur, seine specifische Wärme wird dadurch beträchtlich vergröfsert und man findet also deren Werth zu grofs. Allein ich habe einige Versuche zur genauen Bestimmung seines Schmelzpunktes gemacht, welchen die Lehrbücher der Chemie insgemein auf etwa 55° setzen.

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III, T. XXVI, p.* 266. (Ann. Bd. 77, S. 105.)

Kalium, von Hrn. Rousseau dargestellt, wurde in einer starken Glasröhre unter Naphtha geschmolzen. Nach der Erstarrung desselben nahm man die Naphtha fast gänzlich fort, schmolz es abermals durch Erhitzung bis über 100° C. und tauchte mitten in dasselbe den Behälter eines Thermometers. Man verfolgte den Gang der Erkaltung dieses Thermometers, während die Röhre in der Luft gehalten ward. Bei einem ersten Versuch zeigte das Thermometer durchaus keinen Stillstand. Es fiel allmählich von 100° bis 20°. Allein als die Erkaltungscurve graphisch construirt wurde, war leicht zu erkennen, dafs dieselbe gegen 55° ihre Gestalt völlig veränderte, indem ihre Ordinaten von diesem Punkte aus viel weniger rasch abnahmen. Ich wiederholte alsdann den Versuch in der Weise, dafs ich das Thermometer etwas erschütterte, um die moleculäre Trägheit zu überwinden und die Abnahme der Fluidität zu erforschen. Das Thermometer sank bis zum Theilpunkt 325 seiner Scale ziemlich regelmäfsig; dann stieg es plötzlich bis 327,2 und blieb hier einige Sekunden stehen; darauf begann es wieder zu fallen, aber langsamer als zuvor. Die Fluidität des Metalls nahm allmählich ab; beim Theilpunkt 300 hatte es eine butterartige Consistenz, aber erst gegen 280 hin war es unmöglich das Thermometer zu bewegen.

Der Theilpunkt 327,2 des Thermometers, berichtigt wegen des nicht eingetauchten Stücks vom Stiel, entspricht 55°,43 C. Daraus kann man schliefsen, dafs die Temperatur, bei welcher im flüssigen Kalium die Tendenz zur Krystallisation zu überwiegen beginnt, 55°,43 C. ist; allein sie wirkt zu wenig kräftig, um die Erkaltung zu überwinden und eine stationäre Temperatur herbeizuführen, wie das beim Natrium, und im Allgemeinen bei den plötzlich erstarrenden Körpern der Fall ist.

Folgendes ist übrigens die von mir beobachtete Temperaturen-Reihe. Construirt man sie, indem man die Zeit zu Abscissen und die Temperatur zu Ordinaten nimmt, so kann man erkennen, welchen Einfluſs die während der Erstar-

rung entwickelte Wärme auf den Gang der Erkaltung gehabt hat.

0′	75°,42		4½′	53°,74	0°,63	9½′	44°,00	1°,25
0½	71 ,25	4°,17	5	52 ,99	0 ,75	10	42 ,80	1 ,20
1	67 ,48	3 ,77	5½	52 ,25	0 ,74	10½	41 ,52	1 ,28
1½	63 ,98	3 ,50	6	51 ,46	0 ,79	11	40 ,28	1 ,24
2	60 ,61	3 ,37	6½	50 ,60	0 ,86	11½	39 ,00	1 ,28
2½	57 ,70	2 ,91	7	49 ,60	1 ,00	12	37 ,72	1 ,28
3	55 ,24	2 ,46	7½	48 ,62	0 ,98	12½	36 ,50	1 ,22
3½	55 ,43		8	47 ,53	0 ,99	13	35 ,32	1 ,18
3½	55 ,10	0 ,33	8½	46 ,45	1 ,08			
4	54 ,37	0 ,73	9	45 ,45	1 ,20			

Aus dieser Tafel sieht man, dafs die Geschwindigkeit regelmäfsig abnahm bis zur dritten Minute, wie es nach Newton seyn mufs, weil die verlorene Wärmemenge proportional ist dem Ueberschufs der Temperatur des Körpers über die des umgebenden Mittels. Von der dritten Minute an begann die bei der Erstarrung entwickelte Wärme das Gesetz der Erkaltung zu stören. Es zeigt sich ein besonderer Punkt in der Curve, und diese ist in ihrem anfänglichen Gang gehindert bis zur dreizehnten Minute, wo man die Beobachtung schlofs. Wenn also das Kalium bei seiner Erkaltung aus dem flüssigen Zustand die Temperatur 35° C. erreicht, hat es seine latente Schmelzwärme noch nicht vollständig verloren [1]).

Lithium.

Es hat ein grofses Interesse, die specifische Wärme des Lithiums zu kennen, weil man dadurch entscheiden könnte, ob das Lithium mit dem Natrium und Kalium unter die Alkalimetalle, oder mit dem Baryum und Calcium

1) Auf dieselbe Weise bestimmte ich auch die stationären Temperaturen bei der Krystallisation des Schwefels und des Jods aus ihrem flüssigen Zustand. Bei beiden Körpern stockt das Thermometer plötzlich und bleibt während einer grofsen Zahl von Minuten still stehen. So fand ich für die Temperatur

der Krystallisation des Schwefels . . 113°,60 C.
» » » Jods . . . . . 113 ,58 »

Beide Temperaturen sind beinahe gleich.

unter die Erdmetalle zu versetzen wäre, oder, anders gesagt, ob man die Formel für das Lithion Li_2O oder LiO zu schreiben hätte. Hr. Bunsen hat neulich einen sehr bequemen Procefs zur Darstellung des Lithiums durch Elektrolyse angegeben. Ich habe diese Darstellung versucht und sie ist mir vollkommen geglückt; allein es fiel mir schwer, mit dem Chlorlithium, welches ich mir verschaffen konnte, die zur genauen Bestimmung der Wärmecapacität nöthige Menge des Metalls darzustellen. Ich zog es vor, erst mit dem Chlorlithium zu arbeiten und dann später zu dem Metalle selbst überzugehen, wenn es mir gelänge, davon eine hinreichende Menge darzustellen.

Das Chlorlithium wurde aus dem kohlensauren Lithion bereitet, welches sich von Hrn. Batka aus Prag auf der Ausstellung befand. Das Carbonat wurde zunächst mit kaltem Wasser gewaschen und darauf in Chlorwasserstoffsäure gelöst, dann die Lösung eingetrocknet und der Rückstand heifs mit concentrirtem Alkohol behandelt. Er löste sich fast vollständig. Die filtrirte Flüssigkeit wurde abermals eingedampft und das Chlorlithium in einem Silbertiegel geschmolzen. Die flüssige Substanz wurde in die kleine Messingform (Fig. 15 Taf. I) gegossen, aus welcher sie nach dem Erkalten in Gestalt eines längs der Axe durchbohrten Cylinders hervorging. Da das Chlorlithium wenigstens eben so zerfliefsend ist wie das Chlorcalcium, so wickelte ich es sogleich in Zinnfolie ein, und hing es in den zu specifischen Wärmen dienenden Ofen auf. Beim calorimetrischen Versuch wurde Naphtha in das Calorimeter gebracht. Folgendes waren die so erhaltenen Resultate.

Chlorlithium	$62^{grm},030$	$82^{grm},100$
Zinn	$2^{grm},155$	$2^{grm},365$
T	$96°,69$	$97°,01$
ϑ'	$12°,88$	$13°,79$
$\Delta\vartheta'$	$8°,9338$	$11°,6339.$

Ich habe nicht gesucht, die specifische Wärme des Chlorlithiums direct zu bestimmen aus der Wärmemenge, die das mit Naphtha beladene Calorimeter angenommen hatte.

Ich habe es vorgezogen, sie unmittelbar darauf zu vergleichen mit der des Chlornatriums, das genau in dieselben Umstände versetzt wurde. Ich goſs daher geschmolzenes Chlornatrium in dieselbe Form, wickelte es in Zinnfolie und bestimmte seine Wärmecapacität als das Calorimeter dieselbe Menge Naphtha enthielt. Folgendes waren die Resultate:

Chlornatrium	79^{grm},410	69^{grm},330
Zinn	15^{grm},895	15^{grm},525
T	98°,09	97°,31
ϑ'	13°,28	15°,85
$\Delta\vartheta'$	8°,7369	7°,3532.

Bei meinen früheren Versuchen fand sich die specifische Wärme des Chlornatriums zu 0,21401 [1]). Führt man diesen Werth in die beiden Bestimmungen ein, deren Elemente ich so eben gegeben, so kann man den Wasserwerth des mit Naphtha gefüllten Calorimeters berechnen, und findet somit:

Aus Versuch I . . .	166,03
» » II . . .	166,44
Mittel	166,24.

Die beiden Versuche mit Chlorlithium, berechnet mit diesem Element, geben für die specifische Wärme desselben

nach Versuch I . . .	0,28096
» » II . . .	0,28331
Mittel	0,28213.

Das Product dieser specifischen Wärme in das Atomgewicht 524,90, welches man gewöhnlich dem Chlorlithium beilegt, ist 148,09.

Bei den Chloriden R_2Cl_2 haben wir dieses Product gefunden:

mit Chlornatrium . . .	156,97
» Chlorkalium . . .	161,19.

Die für das Chlorlithium erhaltene Zahl ist merklich kleiner; allein der Unterschied liegt in dem Sinn, den man

1) *Ann. de chim. et de phys., Ser. III, T. I, p.* 154. (Ann. Bd. 53, S. 77.)

vorher sehen konnte, denn man wird bemerken, dafs im Allgemeinen *bei Körpern von gleicher chemischen Zusammensetzung das Product aus der specifischen Wärme in das Atomgewicht desto kleiner ist, als das Atomgewicht weniger hoch ist.*

Bei den Chloriden von der Form RCl_2 ist übrigens diefs Product:

beim Chlornatrium . . . 114,72
» Chlorbaryum . . . 116,44.

Daraus glaube ich schliefsen zu dürfen, dafs dem Chlorlithium die Formel R_2Cl_2 zukomme, und das Lithium unter die Alkalimetalle und nicht unter die alkalischen Erdmetalle zu stellen sey. Da indefs das Product aus der specifischen Wärme in das Atomgewicht beim Chlorlithium bedeutend geringer ist als beim Chlorkalium und Chlornatrium, so wäre es nützlich, diesen Schlufs durch eine Bestimmung der specifischen Wärme des isolirten Metalles zu prüfen; ich werde nicht verfehlen, es zu thun, sobald es mir gelingt, mir eine hinlängliche Menge davon zu verschaffen.

Tellur.

Ich habe früher über die specifische Wärme des Tellurs einige Bestimmungen gemacht und dazu verschiedene Stücke verwandt, die sich in Mineraliensammlungen und in Niederlagen chemischer Producte zu Paris vorfanden. Ich fand dabei die Zahl 0,05155, welche multiplicirt mit 806,4, dem Aequivalent des Tellurs, das Product 41,57 gab. Diefs Product ist etwas gröfser als man es insgemein bei einfachen Körpern findet, deren Reinheit nicht zweifelhaft ist.

Die Ausstellung enthielt aus Oesterreich schöne Proben von Tellur, welche in der Münze zu Wien von Hrn. Alexander Löwe dargestellt waren. Ich liefs die Gelegenheit nicht entgehen, einige neue Versuche mit einer Substanz anzustellen, von der ich glauben mufste, dafs sie reiner sey als die zu meinen früheren Versuchen angewandte. Eine von Hrn. Löwe veröffentliche Notiz giebt

das von ihm befolgte Darstellungsverfahren an; ich will es hier kurz anführen.

Das Erz ist das Gold- und Blei-haltige Telluret von Offenbanya in Siebenbürgen, welches in 100 Theilen durchschnittlich 3 Theile Gold, 5 Theile Tellur, 30 Theile Blei (als Sulfuret) und Gangmasse enthält. Nachdem es in Schlich verwandelt worden, wurde es mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure behandelt, um die Carbonate aufzulösen, dann in einem Bleikessel mit concentrirter Schwefelsäure übergossen, welche den Bleiglanz in unlösliches schwefelsaures Bleioxyd verwandelte, und das Tellur als schwefelsaures Telluroxyd löste. Die durch Ruhe abgeklärte Flüssigkeit ward in ein anderes Bleigefäfs gelassen, welches Wasser enthielt mit einem Zusatz von Chlorwasserstoffsäure, um die Abscheidung des Telluroxyds zu verhüten.

Aus dieser Lösung kann man das Tellur durch metallisches Zink fällen; allein es wäre dann sehr unrein, weil sich ihm alle anderen durch das Zink fällbaren Metalle und überdiefs die in Zink selbst enthaltenen beimengten. Besser ist diese Fällung durch schweflige Säure zu vollziehen. Das gefällte pulverförmige Tellur wird dann in einem Tiegel zu einem Regulus geschmolzen.

Um das Tellur chemisch rein zu erhalten, mufs man das durch schweflige Säure gefällte Metall in einem Strom von Wasserstoff destilliren. Darauf schmilzt man es in einem Tiegel zusammen. Je reiner es ist, je weifser ist sein Metallglanz und auf der Oberfläche zeigt es krystallinische farrnkrautähnliche Verzweigungen, ähnlich wie man sie gewöhnlich auf dem Antimon wahrnimmt. Seine Dichtigkeit ist nach Hrn. Löwe 6,18.

Ich machte die Versuche erst mit einem blofs durch schweflige Säure gefällten, darauf mit einem im Wasserstoffstrom destillirten Tellur.

Nicht destillirtes Tellur.

M	167^{grm},34	167^{grm},34	167^{grm},34	167^{grm},34
T	97°,57	98°,21	98°,17	98°,06
S'	20°,00	21°,48	22°,27	20°,66

$\Delta\vartheta'$	1°,5988	1°,5680	1°,5505	1°,5752
A	422^{grm},54	422^{grm},54	422^{grm},54	422^{grm},54
c	0,05205	0,05160	0,05158	0,05136

Mittel . . 0,05165 [1]).

Das Product der specifischen Wärme in das Atomgewicht 806,5 ist 41,65.

Destillirtes Tellur.

M	148^{grm},5	148^{grm},15
T	98°,28	98°,33
ϑ'	17°,88	18°,92
$\Delta\vartheta'$	1°,3384	1°,3191
A	422^{grm},54	422^{grm},54
c	0,04748	0,04727

Mittel . . 0,04737.

Das Product der specifischen Wärme in das Atomgewicht ist 38,20. — Dieses letztere Resultat mufs angenommen werden; man sieht, es liegt zwischen den Gränzen, welche wir für recht reine einfache Körper gefunden haben.

Selen.

Zu meiner früheren Bestimmung der specifischen Wärme des Selens nahm ich vereinigt die Proben, welche sich in verschiedenen Sammlungen zu Paris befanden, kleine Stäbe oder Medaillons mit dem Bildnifs von Berzelius. Ich fand damit die specifische Wärme 0,08371, welche Zahl mit dem Atomgewicht 491 multiplicirt, das Product 41,097 giebt.

Auf der Ausstellung befand sich eine grofse Menge Selen von Hrn. Batka aus Prag. Ich ergriff diese Gelegenheit, um neue Versuche zu machen, und habe dadurch mehre sonderbare Eigenschaften dieses Körpers kennen gelernt. Dieses Selen war nicht ganz rein; es enthielt ungefähr 2 Proc. Tellur; allein diese Menge ist zu gering, um die physischen Eigenschaften des Selens zu ändern. Hr. Salvétat's Zerlegung desselben ergab übrigens

1) Was mit dem Ergebnifs meiner früheren Versuche identisch ist.

Tellur	2,25
Schwefel	Spur
Selen (als Rest) . . .	97,75
	100,00.

Berzelius (in der 2. Auflage der französischen Uebersetzung seines Lehrbuches, *T. II, p.* 189) beschreibt die physischen Eigenschaften des Selens also:

»Wenn das Selen, nachdem es destillirt worden, erkaltet, so nimmt es eine spiegelnde Oberfläche von dunkler, ins Rothbraune fallender Farbe an und einen Metallglanz, der ziemlich an den des polirten Blutsteins erinnert. Sein Bruch ist muschlich, glasig, bleigrau und metallglänzend. Läfst man es nach der Schmelzung sehr langsam erkalten, so wird es auf der Oberfläche uneben, körnig, bleigrau und nicht mehr spiegelnd. Sein Bruch ist feinkörnig, matt und die Masse ähnelt vollkommen einem Stück metallischen Kobalts. Die Schmelzung und nachherige rasche Erkaltung zerstört dieses Ansehen und giebt dem Selen die zuerst angegebenen Eigenschaften wieder. Reibt man das Selen zu Pulver, so ist dieses dunkelroth; allein dasselbe hat eine starke Neigung an einzelnen Stellen zusammenzubacken; die Reibung des Pistills giebt ihm Politur und eine graue Farbe, wie das mit Wismuth und Antimon beim Pülvern der Fall ist. In dünnen Schichten ist das Selen durchsichtig und von schöner dunkel rubinrother Farbe. In der Wärme erweicht es, wird bei 100° C. halbflüssig und tritt einige Grade darüber in vollen Flufs. Beim Erkalten bleibt es lange weich und läfst sich dann wie Siegellack zu sehr dünnen und sehr biegsamen Fäden ausziehen, die, wenn man sie etwas abplattet, ohne sie dicker zu machen, besser als jede andere Form die Durchsichtigkeit des Selens zeigen. Im reflectirten Lichte sind diese Fäden grau und metallglänzend, gegen Tageslicht gehalten aber durchsichtig und rubinroth. Ich fand sein specifisches Gewicht von 4,30 bis 4,32; langsame Erkaltung und körniger Bruch wirken nicht auf seine Dichtigkeit ein.

Nach Hrn. Sacc [1]) erweicht das Selen bei 200° C. und schmilzt vollständig bei 250° C. Erkaltet, beginnt es bei 150° C. zähe zu werden, hört bei 200° C. auf an der Thermometerkugel zu haften; gesteht bei 155° C. an den Rändern des Gefäfses, und erstarrt vollständig bei 150° C. Daraus könnte man schliefsen, sein Schmelzpunkt sey 200° C. und sein Erstarrungspunkt 150° C. Indefs, da sich der letztere nicht mit Genauigkeit festsetzen läfst, weil das Selen lange teigig bleibt, ist zu glauben, dafs sein Erstarrungspunkt, wie sein Schmelzpunkt, auf 200° C. zu verlegen ist, und dafs er sich kund giebt durch den Moment, wo das geschmolzene Selen an der eingetauchten Thermometerkugel zu haften aufhört.

Die von diesen beiden Chemikern dem Selen beigelegten Kennzeichen sind wenig genau. Die Versuche, welche ich mit einer Selenmasse von etwa 250 Grm. anstellen konnte, haben mir erlaubt, sie besser festzustellen [2]).

Das Selen existirt nämlich in zwei *isomeren Modificationen*, einer *glasigen* und einer *metallischen*. In diesen beiden Zuständen hat das Selen sehr verschiedene Eigenschaften, und der Uebergang aus dem einen in den andern ist von sehr sonderbaren, leicht nachweisbaren Erscheinungen begleitet.

Schmilzt man Selen bis zum Zustande vollkommner Fluidität und gieſst es in eine Rinne, gebildet aus einem dünnen Messingblech, oder in eine Glasröhre, so erstarrt

1) *Ann. de chim. et de phys., Ser. III, T. XXI, p.* 120.

2) Als ich diese Abhandlung niederschrieb, kannte ich nur die angeführten Untersuchungen über das Selen. Seitdem habe ich Kenntnifs erhalten von einer Abhandlung, die Hr. Mitscherlich im Juni 1855 in der Akademie zu Berlin gelesen hat, zur Zeit, da ich mit meinen Versuchen beschäftigt war. Eine Uebersetzung derselben findet sich in diesem Hefte der *Annales*. Man sieht daraus, dafs Hr. Hittorff vor mir die Wärme-Entwickelung beim Selen im Moment seiner molecularen Veränderung beobachtet hat (s. diese Ann. Bd. 84, S. 214 (P.)); allein die von ihm angegebene Wärmemenge ist viel geringer als die von mir gefundene. Ich habe defsungeachtet geglaubt, die ursprüngliche Abfassung meiner Arbeit beibehalten zu müssen; sie giebt die Versuche in der Ordnung, in welcher sie angestellt wurden.

es zu einer schwarzen glänzenden Masse, deren Bruch vollkommen dem eines schwarzen Glases oder des Obsidians ähnelt und durchaus kein metallisches Ansehen hat. Diese glasige Masse zeigt in sehr dünnen Splittern beim Durchsehen eine rubinrothe Farbe. Ihr Pulver bleibt unter der Pistille grau und die rothe Farbe entwickelt sich erst, wenn man die Pistille auf ein Blatt Papier streicht. Ich habe das Selen beständig in diesem glasigen Zustand erhalten, wenn ich es, nach dem Schmelzen, sogar langsam erkalten liefs.

Erhitzt man dagegen das glasige Selen in der Weise, dafs seine Temperatur sehr langsam steigt, so sieht man im Moment, wo das Thermometer 96 oder 97° C. zeigt, seine Temperatur mit einem Male sich rasch erheben und in wenig Minuten über 200 bis 230° C. hinausgehen. Untersucht man darauf die Substanz, so sieht man, dafs ihr physischer Zustand vollständig umgewandelt ist. Ihre Oberfläche zeigt eine bläulich graue Farbe und einen ganz metallischen Glanz. Ihr Bruch, statt glasig zu seyn, ist feinkörnig metallisch, und ähnelt vollkommen dem von grauem Roheisen. Die Masse plattet sich unter dem Hammer bemerklich ab bevor sie reifst, und der Eindruck zeigt einen sehr ausgeprägten Metallglanz. Die Feile giebt ebenfalls der Oberfläche eine Metallpolitur. Kurz in dieser Modification zeigt das Selen den Metallcharakter eben so ausgeprägt wie das Tellur.

Das glasige Selen kann mehre Stunden lang in einer Temperatur von 90° gehalten werden, ohne dafs es die isomere Modification erleidet.

Das metallische Selen ist ein besserer Wärmeleiter als das glasige. Diese Thatsache ist bei der Bestimmung seiner specifischen Wärme leicht zu erweisen. Bei dem glasigen Selen bedarf es zwei oder drei Mal so viel Zeit als bei dem metallischen, ehe das Thermometer des Calorimeters sein Temperatur-Maximum anzeigt.

Selen, geschmolzen bei einer Temperatur von über 300° C. wurde in kaltes Wasser gegossen; es erstarrte in grofsen durcheinander liegenden Fäden von glasigem Bru

und grofser Härte. Die Masse zeigte dasselbe Ansehen, wie wenn man sie nach der Schmelzung hatte erkalten lassen.

Das glasige Selen verliert seine charakteristischen Eigenschaften nicht durch das Pülvern. Ich brachte frisch gepülvertes Selen in eine Glasröhre, in deren Axe sich ein Quecksilberthermometer befand, und versetzte die Röhre in den auf 100° C. gehaltenen Ofen für die specifischen Wärmen. Als das Thermometer 97° erreicht hatte, stieg es plötzlich sehr rasch, stieg bis 160° C. Die Masse hatte nun ihr Ansehen verändert, war zusammengebacken und metallisch aussehend.

Das als rothes Pulver aus seinen Lösungen gefällte Selen gehört zur glasigen Modification. Um mich davon zu überzeugen, löste ich 50 Grm. Selen in Salpetersäure, trocknete die Masse ein, löste sie wieder in Wasser und fällte das Selen durch einen Strom von schwefliger Säure. Der Niederschlag wurde mit Wasser gewaschen und im Vacuo getrocknet. Das pulverförmige Selen wurde ringsum den Behälter eines Thermometers in eine Glasröhre geschüttet und mit derselben im Ofen bis 100° erhitzt. Gegen 94° nahm das Thermometer einen sehr rasch steigenden Gang an und erhob sich bis 150°. Das Selen backte zu mehren metallisch grauen Massen zusammen und liefs vom Thermometer los. Eben deshalb stieg das Thermometer nicht weiter.

Folgendes sind die Versuche, die ich über die specifische Wärme des metallischen Selens anstellte:

M	112^{grm},20	112^{grm},20	200^{grm},90	200^{grm},90
T	98°,13	98°,33	96°,08	97°,69
ϑ'	21°,25	23°,88	20°,14	18°,49
$\Delta\vartheta'$	1°,9454	1°,8952	3°,4289	3°,2543
A	422^{grm},54	422^{grm},54	422^{grm},54	422^{grm},54
c	0,07517	0,07563	0,07675	0,07709

Mittel . . 0,07616.

Das Atomgewicht des Selens ist 491. Das Product der specifischen Wärme in dasselbe ist 37,39, und liegt inner-

halb der Gränzen, welche wir für andere einfache Körper gefunden haben.

Beim glasigen Selen konnte ich den gewöhnlichen Apparat nicht zur Bestimmung der specifischen Wärme anwenden, weil dasselbe schon bei 93° C. die isomere Umwandlung erleidet. Ich habe mich daher des Apparats Fig. 16 Taf. I bedient, dabei den Bottich mit heifsem Wasser gefüllt. Das Wasser dieses Bottichs wurde durch eine Gaslampe in stationärer Temperatur erhalten und durch den Agitator $mnpq$ fortwährend umgerührt.

Das frisch geschmolzene Selen wurde in das kleine Messinggefäfs Fig. 15 Taf. I gegossen und mit demselben in die Röhre AB gebracht, gehalten durch zwei oben und unten an diesem Gefäfse befestigten Seidenfäden, um es leicht in das Calorimeter hinablassen zu können.

Gewicht des Selens	188grm,5	185grm,6
Gewicht des Messinggefäfses	81grm,2	81grm,2
T	87°,285	77°,338
ϑ'	19°,49	17°,93
$\Delta\vartheta'$	4°,4333	3°,7614
A	422grm,54	422grm,54
c	0,1036	0,1026

Mittel 0,1031.

Die hier für das glasige Selen gefundene specifische Wärme ist also viel gröfser als die für das metallische, da letztere nur bis 0,07616 steigt. Allein dieser Unterschied kann davon herrühren, dafs das glasige Selen viel leichter durch die Wärme erweicht als das metallische, und dafs ersteres bei 80 oder 90° C. schon einen bedeutenden Theil seiner latenten Schmelzwärme enthält.

Um zu entscheiden, ob das Selen in seinen beiden isomeren Zuständen verschiedene specifische Wärmen besitze, war es nöthig, diese bei sehr niederen Temperaturen zu bestimmen, wo keine der beiden Varietäten des Selens eine merkliche Erweichung erleidet. Das Selen wurde zuvor in die gewöhnliche Form gegossen; es hatte also dann die Gestalt eines dicken Cylinders mit einem Kanal in der Axe,

in welchen der Behälter des zur Bestimmung der Temperatur dienenden Thermometers geschoben wurde. Der Cylinder, befestigt an zwei Seidenfäden, wurde mitten in der Röhre *AB* (Fig. 16 Taf. I) gehalten und der Bottich *CDEF* gefüllt mit einer Kältemischung von Eis und krystallisirtem Chlorcalcium, welche man beständig umrührte. Man verfolgte das Erkalten des Thermometers bis zu seinem Minimum, welches gewöhnlich 10 Minuten anhielt. Folgendes sind die Resultate, die ich mit glasigem und mit metallischem Selen erhielt.

	glasiges Selen.		metallisches Selen.	
P	209^{grm},615	209^{grm},615	209^{grm},57	209^{grm},57
T	— 27°,408	— 20°,516	— 20°,270	— 15°,852
ϑ'	8°,441	6°,99	7°,019	6°,774
$\Delta\vartheta'$	1°,3254	1°,0202	0°,9911	0°,8496
A	422^{grm},54	422^{grm},54	422^{grm},54	422^{grm},54
c	0,07461	0,7476	0,07323	0,07570
	Mittel: 0,07468		0,07446.	

In niedrigen Temperaturen also hat das Selen in seinen beiden isomeren Zuständen eine gleiche Wärmecapacität. Dieses Resultat ist ähnlich dem, welches ich schon für die beiden isomeren Modificationen des Phosphors, des gewöhnlichen und des rothen, nachgewiesen habe. In diesen beiden so verschiedenen Zuständen hat der Phosphor beinahe gleiche Wärmecapacitäten [1]). Ebenso bieten die glasige und die porcellanartige arsenige Säure nur einen geringen Unterschied in ihren Wärmecapacitäten dar. Defsungeachtet ist es merkwürdig, dafs die aufserordentliche Wärme Entwickelung, welche bei Umwandlung des glasigen Selens in das metallische stattfindet, keine Veränderung in der Wärmecapacität dieses Körpers mit sich führt.

Das Selen besitzt keinen bestimmten Schmelz- oder Erstarrungspunkt. Erhitzt man es, so erweicht es allmählich und wird nicht eher vollkommen flüssig als bei über 250°.

[1]) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III, T. XXXVIII, p.* 129. (Ann. d. Ch. u. Ph.)

Jedermann weifs, dafs man es in seinem zähen Zustande zu sehr feinen Fäden ausziehen kann. Ich schmolz eine grofse Masse Selens in einer weiten Glasröhre, hielt mitten in der Flüssigkeit ein Quecksilberthermometer und verfolgte die Erkaltung desselben von Minute zu Minute. Von 260° C. bis 40° C. war der Gang dieses Thermometers vollkommen regelmäfsig; an keinem Punkte bemerkte man jene mehr oder lange Stillstandszeiten, die man im Moment, da Körper aus dem flüssigen Zustand in den starren übergehen, immer beobachtet. Ich gebe hier die Reihe der beobachteten Temperaturen von Minute zu Minute.

0′	201°,2		6′	137°,45	7°,25	12′	103°,4	4°,6
1	185 ,7	15°,5	7	130 ,9	6 ,55	3	98 ,5	4 ,9
2	172 ,35	13 ,35	8	124 ,5	6 ,4	14	94 ,25	4 ,25
3	162 ,5	9 ,85	9	118 ,7	5 ,8	15	90 ,25	4 ,0
4	153 ,2	9 ,3	10	113 ,3	5 ,4	16	86 ,4	3 ,85
5	144 ,7	8 ,5	11	108 ,0	5 ,3	17	83 ,0	3 ,4

Um die Erkaltung zu verlangsamen, stellte ich bei einem zweiten Versuch die Röhre, welche das Selen enthielt, in den Ofen von 100° C. So ergab sich:

0′	241°,6		20′	142°,0	1°,25	80′	112°,55	0,00
1	229 ,8	11°,8	2	140 ,75	1 ,25	85	113 ,0	+ 0,09
2	219 ,3	10 ,5	22	139 ,65	1 ,10	90	114 ,05	+ 0,21
3	210 ,2	9 ,1	23	138 ,75	0 ,90	95	115 ,9	+ 0,37
4	201 ,7	8 ,5	24	137 ,85	0 ,90	00	117 ,9	+ 0,40
5	194 ,4	7 ,3	25	137 ,0	0 ,85	105	120 ,75	+ 0,57
6	187 ,6	6 ,8	26	136 ,25	0 ,75	110	121 ,3	+ 0,11
7	181 ,6	6 ,0	27	135 ,5	0 ,75	115	118 ,9	— 0,48
8	175 ,95	5 ,65	28	134 ,7	0 ,80	20	116 ,0	0,58
9	170 ,9	5 ,05	29	133 ,9	0 ,80	125	113 ,35	0,53
10	166 ,4	4 ,5	30	133 ,2	0 ,70	130	111 ,25	0,42
11	162 ,4	4 ,0	35	129 ,2	0 ,80	35	109 ,65	0,32
12	158 ,8	3 ,6	40	125 ,35	0 ,77	140	108 ,45	0,24
13	155 ,6	3 ,2	45	121 ,9	0 ,69	145	107 ,55	0,18
14	152 ,9	2 ,7	50	119 ,1	0 ,60	50	106 ,8	0,15
15	150 ,4	2 ,5	55	116 ,8	0 ,46	155	106 ,3	0,10
16	148 ,1	2 ,3	60	115 ,0	0 ,36	60	105 ,7	0,12
17	146 ,3	1 ,8	65	113 ,40	0 ,32	65	105 ,1	0,12
18	144 ,7	1 ,6	70	112 ,80	0 ,12			
19	143 ,25	1 ,45	75	112 ,60	0 ,04			

Man wird bemerken, dafs die Erkaltung fast regelmäfsig fortging bis zur Minute 55, wo das Thermometer 116°,8 zeigte, und dafs dann ihre Geschwindigkeit auf eine anomale Weise abnahm bis zur Minute 75. Von Minute 75 bis 80 blieb das Thermometer fast stillstehen, darauf nahm es einen steigenden Gang an bis zur Minute 110, wo es 121°,3 zeigte, fast 9 Grad mehr als bei Minute 80. Von da an befolgte es wieder einen ziemlich regelmäfsig fallenden Gang.

Die einzige Anomalie bei der Erkaltung trat also gegen 120° C. ein, und der umgekehrte Gang, den das Thermometer einschlug, beweist, dafs damals die Erstarrung rasche Fortschritte machte, oder eine Molecularbewegung eintrat, welche eine beträchtliche Wärmemenge entwickelte. Diefs ist übrigens nicht die Bewegung, welche das glasige Selen in metallisches umwandelt, denn die nach der Minute 165 aus dem Ofen genommene Selenmasse zeigte noch, nach vollständiger Erkaltung, ein glasiges Ansehen auf dem Bruch.

Versuche über die Wärme-Entwickelung des Selens im Moment seiner isomeren Umwandlung.

Ich wollte so genau wie möglich bestimmen, welche Wärmemenge das Selen entwickelt, wenn es in dem bis 100° C. erhitzten Ofen seine isomere Umwandlung erleidet. Zu dem Ende gofs ich das Selen in die Form Fig. 15 Taf. I, wie vorhin, nur dafs ich den vollen Stab *ab* durch eine an beiden Enden offne Röhre von sehr dünnem Messing ersetzte. Die so mit Selen gefüllte Form wurde, nach ihrer Erkaltung, in dem bis 100° C. erhitzten Ofen aufgehängt und dabei der Behälter des Thermometers in den centralen Kanal gesteckt. Um zu verhindern, dafs der Luftstrom, der sich nothwendig in dem Moment einstellen mufste, wo das Selen Wärme entwickelte, das Thermometer nicht zu sehr erkältete, klebte ich eine Oblate auf die untere Oeffnung. Folgende Temperatur-Reihe wurde beobachtet.

0′	72°,83		70′	124°,6	9°,3	84′	160°,5	4°,0
10	79 ,45	0°,66	71	148 ,5	23 ,9	85	157 ,0	3 ,5
20	84 ,35	0 ,49	71¼	161 ,4	53,0	86	153 ,25	3 ,75
30	88 ,15	0 ,38	71½	177 ,2		87	150 ,6	2 ,65
35	89 ,8	0 ,33	71¾	193 ,0		88	147 ,7	2 ,9
40	91 ,3	0 ,30	72	201 ,5		89	145 ,1	2 ,6
45	92 ,85	0 ,30	72¼	210 ,1		90	142 ,6	2 ,5
50	94 ,6	0 ,35	72½	212 ,5	13,5	91	140 ,1	2 ,5
55	96 ,5	0 ,38	72¾	213 ,3		92	137 ,9	2 ,2
56	96 ,95	0 ,45	73	214 ,0		93	135 ,8	2 ,1
57	97 ,5	0 ,55	73¼	214 ,2		94	133 ,8	2 ,0
58	98 ,0	0 ,50	73½	214 ,2		95	131 ,9	1 ,9
59	98 ,65	0 ,65	73¾	214 ,1	—0,1	96	130 ,2	1 ,7
60	99 ,3	0 ,65	74	213 ,9		97	128 ,25	1 ,95
61	100 ,05	0 ,75	75	212 ,0	—1,9	98	127 ,0	1 ,25
62	100 ,8	0 ,75	76	208 ,0	—4,0	99	125 ,6	1 ,4
63	101 ,7	0 ,90	77	200 ,8	7,2	100	124 ,2	1 ,4
64	102 ,9	1 ,20	78	192 ,6	8,2	105	118 ,35	1 ,17
65	104 ,1	1 ,20	79	185 ,2	7,4	110	113 ,95	0 ,88
66	105 ,7	1 ,60	80	179 ,1	6,1	115	110 ,6	0 ,67
67	107 ,8	2 ,10	81	173 ,4	5,7	120	108 ,0	0 ,52
68	110 ,67	2 ,87	82	168 ,6	4,8			
69	115 ,3	4 ,63	83	164 ,5	4,1			

Aus dieser Tafel sieht man, dafs das Thermometer bis zum Grad 93 beständig mit abnehmender Geschwindigkeit stieg, wie das seyn mufs, weil es sich der umgebenden Temperatur, die 100° betrug, näherte; allein vom Grade 94 an beschleunigte sich der steigende Gang des Thermometers, anfangs schwach, darauf stärker. Bei Minute 61 überstieg das Thermometer die umgebende Temperatur. Von Minute 71 bis Minute 72 hob es sich um 53 Grade; darauf verlangsamte sich sein steigender Gang, und bei der Minute 73 zeigte dieser sein Maximum bei 214°. Von hier an schlug das Thermometer einen sinkenden Gang ein, der sich anfangs bis Minute 78 beschleunigte, weil die Substanz noch Wärme aussandte, welche die Wirkung der erkaltenden Ursachen theilweis compensirte; endlich verlangsamte sich die Erkaltungsschnelligkeit, da der Temperatur-Ueberschufs immer geringer wurde. Einleuchtend ist übrigens, dafs diese Ueberhebung der Temperatur um mehr als 114 Grade viel geringer ist als die, welche stattgefunden hätte, wenn die in Folge der Molecular-Umwandlung eingetretene Wärme-Entwickelung statt successive, plötzlich erfolgt wäre

und die Substanz nicht gezwungen gewesen, ihre Wärme mit den fremden Körpern zu theilen und von derselben auch durch Ausstrahlung zu verlieren.

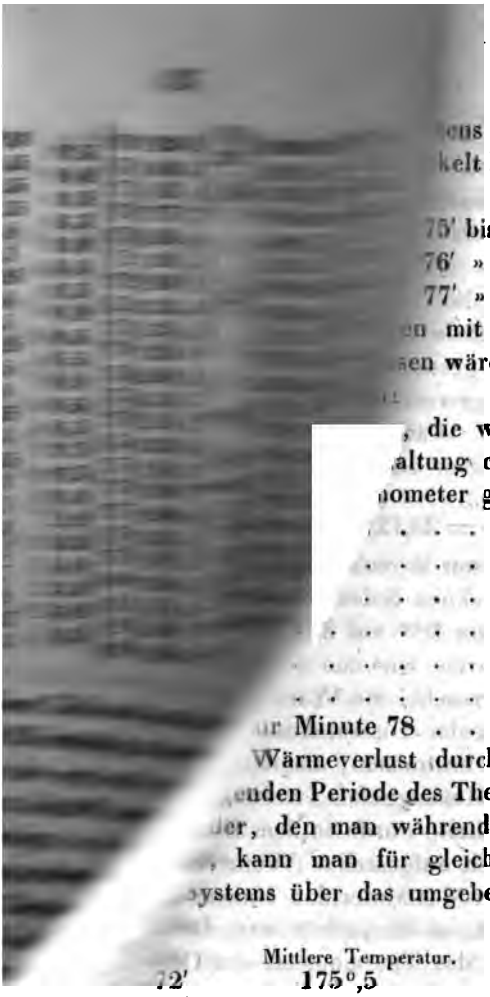
Bei dem Versuch, der uns beschäftigt, betrug das Gewicht des Selens 200 Grm. Angenommen seine specifische Wärme sey 0,0769, wie wir sie zwischen 15 und 90° gefunden, so entspricht diefs Selenium hinsichtlich seiner Wärmecapacität 15,42 Grm. Wasser. Das Messinggefäfs, worin es sich befand, wog 81,15 Grm. und entspricht 7,70 Grm. Wasser. Man kann annehmen, dafs dieses Gefäfs dieselbe Temperatur hatte wie das darin enthaltene Selen. In diesem Falle würde man haben, wenn x die Temperatur vorstellt, bis zu welcher das Selen sich erhoben hätte, wenn es allein da gewesen wäre:

$15{,}42 \,.\, x = (15{,}42 + 7.70) \,.\, 114$, woraus $x = 170°{,}9$.

Mithin würde die Temperatur des Selens um 171° gestiegen seyn, wenn es allein gewesen wäre; und hierbei ist noch die Wärme vernachlässigt, welche unser complexes System in dem Ofen durch Ausstrahlung verlor, von Minute 61 an, wo es anfing die Temperatur des Ofens zu überschreiten, bis zur Minute 73, wo es sein Temperatur-Maximum erreichte.

Man kann nicht annehmen, dafs im Moment, wo das Thermometer sein Temperatur-Maximum anzeigte, die Moleculartransformation vollendet war und die Wärmequelle zu wirken aufhörte; denn von Minute 73 bis Minute 78 war die Erkaltungsgeschwindigkeit eine zunehmende, was beweist, dafs eine stets abnehmende Wärme-Entwickelung sich der normalen Erkaltung des Systems widersetzte. Wir wollen annehmen, dafs die erwärmende Ursache bei der Minute 78 zu wirken aufhörte, und dafs von diesem Momente an, die Erkaltung proportional geschah dem Ueberschufs der Temperatur des Systems über die des umgebenden Mittels; dann können wir approximativ berechnen, welche Temperatur das System von Minute 61 bis Minute 73 durch Ausstrahlung verlieren mufste.

Der Temperaturverlust während jeder Minute, von Mi-



…ens 8°,2 gewesen,
…kelt hätte. Nun be-

…75′ bis 76′ . . — 4,0
…76′ » 77′ — 7,2
…77′ » 78′ — 8,2.
…en mit der von 8°,2,
…sen wäre, so sieht man,

…, die wäre sie
…altung compen-
…ometer gehoben
. . . . . 8°,2
. . . . . 8 ,1
. . . . . 6 ,3
. . . . . 4 ,2
. . . . . 1 ,0
. . . . . 0 ,0
…r Minute 78 . . . . . 27°,8.

Wärmeverlust durch Ausstrahlung
…enden Periode des Thermometers der-
…er, den man während der sinkenden
…, kann man für gleiche Temperatur-
…ystems über das umgebende Mittel an-

	Mittlere Temperatur.	Erkaltung.	
…72′	175°,5	5°,7	
71′	136 ,6	2 ,1	
70′	120 ,0	1 ,0	
» 69′	113 ,0	0 ,7	
» 68′	109 ,2	0 ,5	
» 67′	106 ,8	0 ,34	)
65′ » 66′	105 ,0	0 ,25	)
64′ » 65′	103 ,5	0 ,17	)
63′ » 64′	102 ,3	0 ,12	)
62′ » 63′	101 ,3	0 ,07	)
61′ » 62′	100 ,5	0 ,02	)
		10°,97.	

[1]) Da die Erkaltung in der zweiten Periode nicht unter 108° beobachtet

Mithin hätte das System während der steigenden Periode des Thermometers durch Ausstrahlung verloren 10°,97. Wegen dieser beiden Ursachen war das gesammte Steigen des Thermometers zu gering um 27°,8 + 10°,97 oder um 38°,77.

Wenn also die Verlüste durch Ausstrahlung nicht existirt hätten, würde das Thermometer auf 214° + 38°,77, d. h. auf 253° gestiegen seyn, und wäre das Selen nicht eingeschlossen gewesen in eine Messinghülle, die mit ihm die ausgesandte Wärme theilte, so würde die Temperatur-Erhöhung über 100° oder x gegeben seyn durch die Formel:

$$15{,}42\,x = 23{,}12\,.\,153, \text{ woraus } x = 229°.$$

Nach dieser nur angenäherten Rechnung würde die Temperatur des trocknen Seleniums in Folge der molecularen Umwandlung von 98° auf 329 gestiegen seyn, wenn alle entwickelte Wärme wirksam gewesen wäre.

Ich habe versucht, die Wärmemenge, welche das Selen bei seiner Molecular-Umwandlung entwickelt, auf eine andere Weise zu bestimmen, nämlich folgendermafsen.

Das kleine Messinggefäfs, welches das frisch geschmolzene Selen enthielt, wurde in dem Ofen genau wie bei dem früheren Versuch aufgestellt. Wenn das Thermometer des Ofens, in Folge der Molecular-Umwandlung, anfing über 100° zu steigen, so disponirte man das Calorimeter, und, im Moment wo das Thermometer des Ofens sein Maximum zeigte, liefs man das kleine Gefäfs schnell in das Calorimeter hinab. So konnte man die gesammte Wärmemenge bestimmen, welche das System besafs in dem Moment, wo das Thermometer des Ofens sein Maximum zeigte. Die Data dieser Versuche waren:

Gew. d. Selens	200^{grm},45		
Gew. d. Messinggefäfses	81^{grm},5	Wasserwerth	7^{grm},62

wurde, so berechnete man diese letzten partiellen Erkaltungen mittelst der Form $A\vartheta = A\vartheta$, wo ϑ den Temperatur-Ueberschufs über 100° vorstellt. Die Constante wurde nach der Beobachtung (69 — 70) berechnet, d. h. man setze: $1{,}00 = A\,.\,20$, woraus $A = \frac{1}{20}$.

Maximum d. Thermometer d. Ofens	200°,5
Final-Temperatur des Calorimeters	24°,65
Temperatur-Erhöhung, berichtigt	9°,115
A	422^{grm},54

Die vom Calorimeter erlangte Wärmemenge, welche gleich ist der, welche das System abgab, um sich mit ihm in Temperaturgleichgewicht zu setzen, d. h. um bis 24°,65 zu sinken, ist also

$$422{,}54 \times 9°{,}115 = 3851{,}5$$ Wärme-Einheiten.

Diese Wärmemenge besteht aus zwei Theilen:

1) aus der, welche ihm vom Ofen abgetreten worden wäre, wenn das Selen nicht freiwillig Wärme entwickelt hätte,
2) aus der, welche die moleculare Umwandlung des Selens in Freiheit setzte.

Diese letztere Wärmemenge ist es, welche wir kennen wollen. Wir erhalten sie, wenn wir von der gesammten Wärmemenge, die der Versuch gab, diejenige abziehen, die das glasige Selen entliefs, als es sich von 98° (dem Maximum, welches die Körper gewöhnlich in unsern Ofen erreichten) auf 24°,65 abkühlte. Nun fanden wir die specifische Wärme des glasigen Selens zwischen 19°,5 und 87°,3 zu 0,1036; wir wollen annehmen, dafs sie zwischen 24°,65 und 98°,0 eben so sey, da die Zunahme, welche diese specifische Wärme von 87 bis 98 Grad erleiden kann, sich der Molecular-Umwandlung zuschreiben läfst. Das Selen, wenn es von 98° auf 24°,65 sinkt, entläfst also eine Wärmemenge, vorgestellt durch:

$200{,}45 \times 0{,}1036 \times 73{,}35$ . .	$= 1523{,}2$
die Messinghülle beim Erkalten um eben so viel Grade $7{,}62 \times 73{,}35$ . .	$= 558{,}9$
	2082,1.

Man hat also für die bei der Molecular-Umwandlung entwickelte Zahl von Wärme-Einheiten $3851{,}5 - 2082{,}1 = 1769{,}4$, welche durch 200^{grm},45 Selen erzeugt sind. Diese Zahl von Wärme-Einheiten würde 200^{grm},45 Selen, das sich im Zustande der metallischen Modification befände, um

$\frac{1769,4}{200,45 \cdot 0,0761}$ oder 116°,00 erwärmen, was wenig abweicht von 114°,2 die wir direct am Thermometer des Ofens beobachteten, als dasselbe sein Maximum anzeigte. Allein, wie dieses letztere, bedarf es wichtiger Berichtigungen, denn während der ganzen Zeit, die das Thermometer gebrauchte um von 93° auf sein Maximum zu steigen, verlor das System durch Ausstrahlung einen beträchtlichen Theil der Wärme, die in Folge der Molecular-Umwandlung frei wurde. Um diesen Wärmeverlust berechnen zu können, will ich hier die Temperaturbeobachtungen hersetzen, die gemacht wurden vor dem Moment, da man das Selen in das Calorimeter hinabliefs.

	Erwärm. in 1'.			Erwärm. in 1'.			Erwärm. in 1'.	
0'	72°,83	0°,63	61'	93°,8	0°,35	78'	100°,3	0°,60
5	76 ,00	0 ,52	62	94 ,1	0 ,30	79	101 ,0	0 ,70
10	78 ,6	0 ,48	63	94 ,4	0 ,30	80	101 ,95	0 ,95
15	81 ,0	0 ,38	64	94 ,6	0 ,20	81	103 ,1	1 ,15
20	82 ,9	0 ,35	65	94 ,8	0 ,20	82	104 ,15	1 ,05
25	84 ,65	0 ,33	66	95 ,15	0 ,35	83	105 ,7	1 ,55
30	86 ,3	0 ,28	67	95 ,45	0 ,30	84	107 ,8	2 ,10
35	87 ,7	0 ,25	68	95 ,75	0 ,30	85	110 ,9	3 ,10
40	88 ,95	0 ,23	69	96 ,1	0 ,35	86	116 ,5	5 ,60
45	90 ,1	0 ,22	70	96 ,45	0 ,35	87	127 ,6	11 ,10
50	91 ,2	0 ,24	7	96 ,7	0 ,25	88	147 ,6	20 ,00
55	92 ,4	0 ,15	72	97 ,2	0 ,50	89	187 ,0	39 ,40
56	92 ,55	0 ,25	73	97 ,7	0 ,50	90	200 ,4	13 ,4
57	92 ,8	0 ,20	74	98 ,05	0 ,55			
58	93 ,0	0 ,20	75	98 ,5	0 ,45			
59	93 ,2	0 ,25	76	99 ,1	0 ,60			
60	93 ,45		77	99 ,7	0 ,60			

D das Thermometer nur noch sehr langsam stieg, so liefs man das System hinab; bei Min. 92 tauchte es in das Calorimeter.

Wir bemerken hier, dafs die Geschwindigkeit der Erwärmung eine abnehmende war bis zur Minute 58, wo das Thermometer 93° zeigte; von Minute 58 bis Minute 65 blieb diese Geschwindigkeit beinahe constant, um nun einen teigenden Gang einzuschlagen. Man kann also annehmen, s die Molecular-Umwandlung bei 93° begann, und dafs en während seines Ueberganges von 93° auf 98° sich g durch die Strahlung der Hülle erhitzte. Nimmt

man an, dafs vom 76° bis 93° die Molecular-Umwandlung noch nicht begonnen habe, so kann man aus den Zahlen dieser Periode die Wärme berechnen, welche, unter Annahme des Newton'schen Gesetzes, die Hülle dem Systeme mitgetheilt hat. Man kann setzen $\Delta\vartheta = A\vartheta$, wo ϑ den Temperatur-Ueberschufs der Hülle und $\Delta\vartheta$ den Temperaturanwuchs des Systems in 1 Minute vorstellt. Zur Berechnung der Constante A setzt man, nach den von 5 bis 10 Min. gemachten Beobachtungen,

$$0{,}48 = A(98-77{,}3) = A.20{,}07, \text{ woraus } A = \frac{0{,}48}{20{,}07} = 0{,}0232.$$

Mittelst dieser Formel läfst sich die Temperatur-Erhöhung, welche die Hülle in jeder Minute gegeben hat, berechnen.

Von der Min. 78 an, wo das System über 100° hinausging, bis zur Min. 92, wo es in das Wasser des Calorimeters tauchte, verlor es nothwendig eine gewisse Wärmemenge, in Folge des Ueberschusses seiner Temperatur über die der Hülle, die nicht 100° überstieg. Wir wollen diesen Temperaturverlust berechnen aus den Erkaltungsversuchen, die beim Versuche S. 429 der Molecular-Umwandlung gefolgt sind. So haben wir:

	Mittl. Temp.	Erkaltung.		Mittl. Temp.	Erkaltung.
von 78 bis 79′	100°,65	0°,02	von 85 bis 86′	113°,7	0°,70
» 79 » 80	101 ,47	0 ,07	» 86 » 87	122 ,0	1 ,10
» 80 » 81	102 ,50	0 ,12	» 87 » 88	137 ,6	2 ,20
» 81 » 82	103 ,6	0 ,17	» 88 » 89	167 ,3	4 ,20
» 82 » 83	104 ,9	0 ,25	» 89 » 90	193 ,7	8 ,00
» 83 » 84	106 ,8	0 ,34	» 90 » 91	200 ,0	8 ,40
» 84 » 85	109 ,4	0 ,50	» 91 » 92	200 ,0	8 ,48

Summe der Erkaltung: 34,47.

Mithin hat das System ungefähr 34°,5 durch Strahlung verlieren müssen, und die Endtemperatur wäre um so viel höher gewesen, wenn dieser Verlust nicht stattgefunden hätte. Man wird bemerken, dafs ein Temperaturverlust des Systems von 34°,47 einer Anzahl von Wärme-Einheiten entspricht, die ausgedrückt wird durch

$$(200{,}45 \times 0{,}1036 + 7{,}62)\,34{,}47 = 978{,}6$$

und die, hinzugefügt zu den 3851,5, welche der Calorimeterausdruck geliefert hat, im Ganzen 4830,1 giebt.

Und zieht man hiervon ab die 2082,1 Wärme-Einheiten, welche man als dem System durch die Hülle mitgetheilt annehmen kann, so findet man 2748,0 Wärme-Einheiten, welche $200^{grm},45$ metallisches Selen von 0° auf die Temperatur

$$\frac{2748}{200,45 \times 0,0761} = 180^{0},15$$

erheben würden.

Diese Temperatur-Erhöhung ist geringer als die, welche wir durch die erste Berechnungsweise gefunden haben; allein ich mufs bemerken, dafs sie nothwendig zu gering ist; denn bei der früheren Berechnung haben wir *implicite* angenommen, dafs in dem Moment, wo das Thermometer sein Maximum im Ofen anzeigte und wo man es in das Calorimeter tauchte, die Molecular-Umwandlung vollendet wäre. Allein wir wissen durch den ersten Versuch, dafs die Substanz alsdann noch fortfuhr Wärme zu entwickeln und wir haben bei unserer ersten Rechnung Rücksicht darauf genommen.

Kurz ich glaube aus diesen Versuchen schliefsen zu können, dafs das glasige Selen bei seiner Umwandlung in metallisches eine Wärmemenge entwickelt, welche die Temperatur dieses letzteren um mehr als 200 Grade erhöhen würde.

Ich habe früher eine ähnliche Wärme-Entwickelung bei Umwandlung des weichen Schwefels in gewöhnlichen Schwefel beobachtet [1]), allein die dabei freigewordene Wärmemenge war viel geringer, erhöhte die Temperatur des Körpers nur um 12 bis 14°. Freilich wird dabei der Schwefel fast auf seine Schmelztemperatur gebracht, und es kann also ein Theil der entwickelten Wärme durch partielle Schmelzung versteckt worden seyn.

[1]) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III, T. I, p.* 205. (Ann Bd. 53, S.)

IV. *Ueber die Beschaffenheit und die Eigenschaften des Ozons; von Thomas Andrews,*

Prof. der Chemie an Queen's College zu Belfast.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Phil. Tr. f.* 1855.)

Unter den vielen interessanten Körpern, welche die Untersuchungen der neueren Chemiker zu Tage gefördert haben, sind wenige merkwürdiger als derjenige, dem man den Namen Ozon gegeben hat, mögen wir nun seine vielen und anomalen Eigenschaften oder seine innigen Beziehungen zu dem wichtigsten und weit verbreiteten Element der Natur in Betracht ziehen. Die erste Erkennung des Ozons und Beschreibung seiner Eigenschaften verdanken wir dem Scharfsinne Schönbein's, welchem das Verdienst der Entdeckung ohne Widerrede gebührt. Er richtete jedoch seine früheren Versuche hauptsächlich auf die Erläuterung der Eigenschaften desselben und der Bedingungen seiner Bildung, ohne sie mit quantitativen Bestimmungen zu begleiten, so dafs kein klares Licht auf die Beschaffenheit desselben geworfen wurde. In späteren Jahren hat der Gegenstand die Aufmerksamkeit mehrer sehr ausgezeichneter Physiker und Chemiker auf sich gezogen, unter denen ich nur erwähnen will: Marignac, De la Rive, Berzelius, Williamson, Fremy und Becquerel, und Baumert.

Schönbein hat gezeigt, dafs ein Körper von eigenthümlichem und höchst charakteristischem Geruch und sehr ähnlichen Eigenschaften unter den drei folgenden Umständen gebildet wird:

1) Wenn elektrische Funken durch atmosphärische Luft gehen.
2) Wenn reines Wasser oder Wasser, welches gewisse Säure oder Salze gelöst enthält, durch den Volta'schen Strom zersetzt wird, wobei die neue Substanz zugleich mit dem Sauerstoff am positiven Pol erscheint.

3) Wenn gewisse Körper, besonders Phosphor, bei gewöhnlicher Temperatur langsam in der atmosphärischen Luft oxydirt werden.

Zwei Fragen drängen sich hier besonders auf. Wird unter diesen verschiedenen Umständen immer eine und dieselbe Substanz erzeugt, oder hat Schönbein unter dem Namen Ozon Substanzen von verschiedener Zusammensetzung begriffen, die nur in einigen ihrer Eigenschaften übereinkommen? Und dann, was ist die Zusammensetzung des Ozons, oder, wenn es deren mehr als einen giebt, wie sind sie zusammengesetzt?

Die Versuche von Williamson deuten auf Bildung von Wasser, wenn das durch Elektrolyse erhaltene Ozon über glühendes Kupfer geleitet wird [1]), und Baumert erhielt ähnliche Resultate, als er einen Strom von elektrolytischem Sauerstoff durch eine Röhre leitete, worin wasserfreie Phosphorsäure an einem Punkte bis zur Rothgluth erhitzt wurde [2]). Diese Versuche waren jedoch nicht geeignet quantitative Resultate zu liefern, sondern führten nur zu dem allgemeinen Schlufs, dafs diese Varietät des Ozons ein Wasserstoffoxyd sey, das mehr Sauerstoff als das Wasser enthalte. Allein aus einem anderen und sehr wichtigen Versuch, auf welchen ich später ausführlich zurückzukommen Gelegenheit haben werde, hat Baumert geschlossen, dafs es ein Teroxyd des Wasserstoffs, HO_3, sey.

Andrerseits haben die Versuche von De la Rive und von Fremy und Becquerel gezeigt [3]), dafs reines und trocknes Sauerstoffgas durch den elektrischen Funken in Ozon verwandelt werden kann.

Ich kenne keine Versuche über das durch Wirkung des Phosphors auf atmosphärische Luft erhaltene Ozon, welche ein besonderes Licht auf dessen Constitution würfen. Marignac leitete einen Strom dieser ozonisirten Luft durch eine Lösung von Jodkalium, bis dasselbe gänzlich in jod-

1) *Memoirs of the Chemical Society, Vol, II, p.* 395.
2) Poggendorff's Ann. Bd. LXXXIX, S. 39.
3) *Ann. de chimie, Ser. III, T. XXXV, p.* 62.

saures Kali verwendet worden war, und schlofs, das auf diesem Wege erzeugte Ozon müsse entweder Sauerstoff in einem besonderen Zustand oder ein Hyperoxyd des Wasserstoffs seyn.

Den Resultaten der neuesten Untersuchungen zufolge, scheint es daher: dafs die unter dem Namen Ozon zusammgefafsten Substanzen nicht identisch sind.

Dafs das durch Wirkung des elektrischen Funkens auf Sauerstoffgas erhaltene Ozon blofs Sauerstoff in einem veränderten oder allotropischen Zustand ist;

dafs das durch elektrolytische Zersetzung des Wassers gewonnene Ozon ein Wasserstoffoxyd von der Zusammensetzung HO_3 ist; und

dafs das durch Wirkung des Phosphors auf Sauerstoff erhaltene Ozon entweder Sauerstoff selbst oder eine Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff ist [1])

Das Ozon hat meine Aufmerksamkeit in den letzten vier oder fünf Jahren von Zeit zu Zeit in Anspruch genommen, und ich war eben mit einer Reihe von Versuchen über die Erzeugung desselben durch den elektrischen Funken beschäftigt, als Fremy und Becquerel's schätzbare Untersuchungen erschienen, was mich veranlafste, die meinige bei Seite zu legen. Die Veröffentlichung von Baumert's Abhandlung bewog mich jedoch sie wieder aufzunehmen, da seine Resultate nicht übereinstimmten mit denen, welche ich erhalten hatte. Allein die von diesem Physiker vorgeschlagene Methode, um zu entscheiden, ob das Ozon ein Wasserstoffoxyd oder eine allotropische Modification des Sauerstoffs sey, schien mir dem Zwecke so angemessen zu seyn, dafs ich es, bei Wiederaufnahme meiner Untersuchung, für nöthig hielt, zunächst seine Versuche zu wiederholen. Die Resultate, welche ich zuerst erhielt, stimmten in sofern mit denen Baumert's überein, als sie zeigten, dafs die Gewichtszunahme des Apparats immer gröfser war als das

1) Einen sehr vollständigen Abrifs dessen, was über diesen Gegenstand bekannt ist, enthält der Artikel »Ozon« des Handwörterbuchs der Chemie, Bd. V, S. 835 (Braunschweig 1853).

Gewicht des Ozons, hergeleitet aus dessen chemischer Action; allein das relative Verhältnifs dieser Quantitäten stimmte nicht mit seinen Resultaten, und eben so wenig stimmten meine eigenen Versuche bei Wiederholung mit einander. Es war also klar, dafs irgend eine störende Ursache die Reaction compliciren mufste, und wirklich fand ich bei fernerer Untersuchung nicht allein eine solche Ursache auf, sondern gelangte auch dahin, die Natur derselben und die Mittel zu ihrer Vermeidung aufzufinden. Als nun die Versuche wiederholt wurden, gaben sie sehr übereinstimmende Resultate, die der Ansicht, dafs Wasserstoff ein Bestandtheil des Ozons sey, gänzlich widersprachen.

Der von mir angewandte Apparat war folgendermafsen eingerichtet.

A (Fig. 21 Taf. IV) ist ein Gefäfs von etwa 2 Liter Räumlichkeit, welches ein Gemisch von ein Maafs reiner und starker Schwefelsäure und 7 Maafs destillirten Wassers enthielt. Der Cylinder *B*, welcher mit einem ähnlichen Gemisch gefüllt ist, ist unten durch eine Blase verschlossen, um so eine Vermischung der an den beiden Polen entwickelten Gase zu verhüten. Ein Platindraht *pp* geht, eingeschmolzen, durch eine kurze Glasröhre, welche in die Tubulatur *b* eingeschliffen ist. Dieser Draht endigt unten in einem Bündel feiner Platindrähte, welche den positiven Pol der Volta'schen Batterie bilden. Der negative Pol ist eine Platinplatte *p'*, welche in die Flüssigkeit des äufseren Gefäfses taucht. Das Gefäfs *A* wurde in ein gröfseres Gefäfs voll kalten Wassers gestellt, und diesem bei einigen Versuchen noch Eis hinzugefügt. Das letztere Gefäfs wurde der Deutlichkeit wegen in der Zeichnung fortgelassen. *CC'C''* ist ein einziges Rohr, angeschmolzen an den weiteren Hals von *B* und gefüllt von *C'* bis *C''* mit Bimsteinstückchen, die mit reiner Schwefelsäure befeuchtet waren. Die Länge der austrocknenden Säule betrug fast einen Meter. *D* ist ein Liebig'scher Apparat, an dessen Enden sich Glasröhren angeschmolzen befanden, von denen

die eine eingeschliffen war in den Hals *c* von *CC'C'* und die andere in eine Röhre, welche in ähnlicher Weise einem zweiten Liebig'schen Apparat *E* angeschmolzen war. Die Verbindungen *c* und *e* wurden also aus sorgfältig abgeschliffenen Glasflächen gebildet. Bei meinen früheren Versuchen geschahen diese Verknüpfungen durch kleine und trockene Propfen, welche im Ganzen bequemer als aneinander geschliffene Glastheile, und auch ganz tadellos sind, da, wenn die Korkflächen klein und trocken sind, die Menge des durch die Berührung mit ihnen zerstörten Ozons völlig unmerklich ist. Kautschuck-Verbinder jeder Art sind aber ganz unzulässig, denn sie werden vom Ozon, auch wenn es durch das Tausendfache seines Volums von einem andern Gase verdünnt ist, mit solcher Energie angegriffen, dafs sie in wenigen Minuten durchlöchert sind. Das Gefäfs *D* enthielt eine Lösung von Jodkalium, angesäuert mit etwas Chlorwasserstoffsäure, und das Gefäfs *E* concentrirte Schwefelsäure. Die *U*-Röhre *F*, gefüllt mit geschwefelsäuertem Bimstein, verhinderte, dafs rückwärts in *E* Feuchtigkeit eindränge. Das entwickelte Sauerstoffgas wurde in der über Wasser umgestülpten graduirten Glasglocke *G* aufgefangen, sein Volum aber nur deshalb bestimmt, um das Verhältnifs desselben zum erzeugten Ozon festzustellen.

Das Gemenge von Sauerstoff und Ozon tritt, nachdem es bei seinem Durchgang durch die lange Röhre *CC'C'* vollkommen getrocknet worden, in das Gefäfs *D* ein; dort wird das Ozon zerlegt, Jod in Freiheit gesetzt und ätzendes Kali gebildet, welches letztere sich mit der freien Chlorwasserstoffsäure zu Chlorkalium verbindet. Wendet man eine neutrale Lösung von Jodkalium an, so ist die Reaction complicirter; denn während der gröfsere Theil des Jods wie zuvor frei gemacht und von dem überschüssigen Jodkalium gelöst wird, bilden sich zugleich jodsaures Kali und ätzendes Kali. Mag man nun eine neutrale oder eine saure Lösung anwenden: das Endresultat ist in sofern immer dasselbe, als im Gefäfse *D* der active Sauerstoff eine chemi-

sche Verbindung eingeht und dadurch das Gewicht der in diesem Gefäfs *D* enthaltenen Flüssigkeit vergröfsert.

Die Gewichtszunahme der Gefäfse *D* und *E* geben das gesammte Gewicht des Ozons, dieses mag nun allotropischer Sauerstoff oder ein Wasserstoffoxyd seyn. Im ersteren Falle erfolgt die Zersetzung des Jodkaliums aus der Ersetzung des Jods durch Sauerstoff; beide bleiben in *D*, während die Schwefelsäure in *E* die Feuchtigkeit zurückhält, welche sonst durch den Strom des trocknen Gases fortgeführt worden wäre. Im letzteren Falle zerfällt das Ozon in Wasser und Sauerstoff, und beide werden in den Gefäfsen *D* und *E* zurückgehalten. Bestimmt man nun am Ende des Versuchs die Menge des freien Jods in der Jodkaliumlösung, so läfst sich der Betrag des activen Sauerstoffs, durch welchen es ausgetrieben worden ist, leicht berechnen, und wenn man diesen mit der Gewichtszunahme der Gefäfse *D* und *E* vergleicht, sieht man sogleich, ob das Ozon ein Wasserstoff-Hyperoxyd ist, welches bei seiner Zersetzung Wasser lieferte.

Zwei Versuche dieser Art wurden von Baumert angestellt. Bei dem ersten betrug die Gewichtszunahme des Apparats 0,0133 Grm. und das Gewicht des Sauerstoffs, berechnet aus dem ausgeschiedenen Jod, 0,0081 Grm.; bei dem zweiten waren diese Menge respective 0,0149 Grm. und 0,00989 Grm. Das Jodkalium wurde als neutrale Lösung angewandt und das jodsaure Kali nachher durch Zusatz von etwas Chlorwasserstoffsäure zersetzt.

Aus diesen Resultaten schlofs Baumert, dafs das Ozon, welches den durch Elektrolyse des Wassers erhaltenen Sauerstoff begleitet, ein Wasserstoffoxyd von der Zusammensetzung HO_3 sey; und dieser Schlufs, hergeleitet aus mit grofsem Geschick erfundenen und mit Sorgfalt ausgeführten Versuchen, hat, wenigstens in Deutschland, sehr allgemeinen Beifall gefunden.

Nachdem ich, wie schon erwähnt, bei einer Wiederholung dieser Versuche gefunden hatte, dafs jeder Versuch ein anderes Resultat für die Zusammensetzung des Ozons

gab, untersuchte ich sorgfältig alle Umstände des Experiments, und war endlich so glücklich, die Unregelmäfsigkeiten auf das Daseyn einer kleinen, aber wahrnehmbaren Menge von Kohlensäure zurückführen zu können, welche, wenn nicht sehr grofse Vorsicht angewandt wird, immer im elektrolytischen Sauerstoff zugegen ist. Als die Jodkalium-Lösung in *D* durch Barytwasser ersetzt wurde, entstand in wenig Minuten ein Niederschlag von kohlensaurem Baryt. Mit Aetzkali in demselben Gefäfs war die Gewichtszunahme, für dasselbe Volum Sauerstoffgas, bedeutend gröfser als mit der Jodkalium-Lösung, und am Ende des Versuches fand ich, dafs kohlensaures Kali gebildet worden war. Da nun bei der Einwirkung des Ozons auf eine neutrale Lösung von Jodkalium immer eine kleine Menge von freiem Kali gebildet wird, so war es nicht unwahrscheinlich, dafs dieses sich eines Theils der eben erwähnten Kohlensäure bemächtigen würde, so dafs also die Gewichtszunahme des Apparats von zwei unterschiedenen Ursachen abhinge, — von der Ozon-Reaction und von der Absorption der Kohlensäure. Um das Vorkommen der letzteren zu verhüten, war es nur nöthig, die Lösung des Kaliums so weit anzusäuern, dafs kein freies Kali gebildet werden konnte, oder die der Elektrolyse unterworfene Flüssigkeit einige Zeit zu kochen. Es fand sich, dafs die Säurung der Lösung allein schon hinreichend war, die Absorption der Kohlensäure zu verhindern, denn, wenn diese Vorsicht getroffen worden, waren die Resultate dieselben, der Elektrolyt mochte unmittelbar vor Beginn des Versuchs gekocht worden seyn oder nicht. Bei diesen Abänderungen verschwanden die in früheren Versuchen beobachteten Unregelmäfsigkeiten, und es wurde das einfache und interessante Resultat erhalten, dafs die Gewichtszunahme des Apparats genau gleich war dem Betrage des Sauerstoffs, der sich aus dem in Freiheit gesetzten Jod berechnen liefs.

Ich will nun die Haupt-Vorsichtsmafsregeln beschreiben, welche angewandt wurden, um so weit wie möglich alle Fehlerquellen bei den folgenden Versuchen zu vermeiden.

Die Feinheit dieser wird einleuchten, wenn man erwägt, dafs unter den günstigsten Umständen von 10 Litern elektrolytischen Sauerstoffs nicht mehr als 40 Milligrm. Ozon erhalten wurden, und dafs die Vorrichtungen so vollkommen seyn mufsten, dafs diese grofse Menge Gas (wäre sie frei von Ozon gewesen) den Apparat durchstrich, ohne in dem vereinten Gewicht der Gefäfse *D* und *E* irgend eine wahrnehmbare Veränderung hervor zu bringen.

Die zu allen diesen Versuchen angewandte Jodkalium-Lösung hatte einerlei Zusammensetzung, obwohl die erhaltene Ozonmenge in einigen Fällen drei Mal gröfser war als im andern. Sie bestand aus 2 Grm. Jodkalium gelöst in 22,5 Grm. einer schwachen Chlorwasserstoffsäure, die 2 Proc. reine Säure enthielt. Da es schwierig ist, sich ein von jodsaurem Kali ganz freies Jodkalium zu verschaffen, so bereitete ich zu Anfange eines jeden Versuchs zwei ähnliche Lösungen, von denen die eine in das Gefäfs *D* gebracht, und die andere in einer Flasche mit eingeriebenem Stöpsel bis zu Ende des Versuches aufbewahrt wurde. Der Betrag an freiem Jod wurde in beiden zu gleicher Zeit bestimmt, und der Unterschied genommen, um genau die von der Ozon-Reaction ausgeschiedene Jodmenge zu erhalten. Die Berichtigung wegen des jodsauren Kalis in der ursprünglichen Lösung, repräsentirte, nach Reduction, selten mehr als 0,001 Grm. Sauerstoff, allein Quantitäten solcher Gröfse dürfen bei diesen Versuchen nicht vernachläfsigt werden.

Vor dem Wägen der Gefäfse *D* und *E* wurde 1 Liter atmosphärischer Luft, befreit von Kohlensäure und sorgfältig getrocknet, durch den Apparat geleitet. Der Zweck dieser Maafsregel war, jeden Theil des Apparats zu Anfange des Versuchs in denselben Zustand zu versetzen, in welchen er am Ende desselben seyn würde. Dasselbe Vo-

trockner Luft wurde am Ende jedes Versuchs durch

rat geleitet.

chemischen Untersuchungen selten nöthig,

gaben der Waage zu berichtigen wegen

Aenderungen der Temperatur und des Luftdrucks, die zwischen zwei successiven Wägungen stattgefunden. Wenn man das Zimmer auf nahe gleiche Temperatur hält, sind die thermometrischen Veränderungen auf sehr enge Gränzen beschränkt; allein die Barometerbewegungen haben wir nicht in unserer Macht; und wenn, wie bei diesen Versuchen, ein Zeitraum von zwei und zuweilen drei Tagen zwischen der ersten und zweiten Wägung verstreicht, so geschieht es mitunter, dafs der atmosphärische Druck sich beträchtlich ändert. Hier würde ein merklicher Fehler (in einigen Fällen fast von 0,002 Grm.) eingetreten seyn, wenn keine Berichtigung angebracht worden wäre [1]).

Um zu ermitteln, wie weit man sich auf den Apparat verlassen könne, wurden ein Paar vorläufige Versuche gemacht, die sehr befriedigende Resultate gaben. Das Gefäfs *D* enthielt reines Wasser, *C* Schwefelsäure und ein dritter Liebig'scher Condensator, der zwischen *E* und *F* eingeschaltet worden, ebenfalls Schwefelsäure; es wurden erst 3,5 Liter Sauerstoffgas und dann 1 Liter atmosphärische Luft durch den Apparat geleitet, wozu etwa fünf Stunden erforderlich waren. Das Gefäfs *D* verlor 0,0311 Grm., während *E* 0,0315 Grm. gewann und das dritte Gefäfs keine wahrnehmbare Gewichtsveränderung erlitt. Wenn man also

1) Diese Berichtigung wurde folgendermafsen berechnet. — Zu dem Volume in Kubikcentm. der Jodkalium-Lösung in *D* und der Schwefelsäure in *E* wurde addirt das Volum des Glases, aus welchem die Gefäfse *D* und *E* bestanden. Hieraus wurde das Volum der angewandten Gewichte hergeleitet. Sey *V* der sonach in Kubikcentm. gefundene Unterschied der Volume; p und p' der Luftdruck in englischen Zollen bei der ersten und zweiten Wägung; t und t' die entsprechenden Temperaturen C°; x das Gewicht, in Grammen, eines Luftvolums gleich *V*, gemessen unter dem Druck p und bei der Temperatur t; x' das Gewicht desselben Luftvolums bei p' und t'. Da 1 Kubikcentm. Luft unter 29″,92 und bei 0° wiegt 0,00129 Grm., so ist dann

$$x' - x = V\left(\frac{1}{1+at'} \cdot \frac{p'}{29{,}92} - \frac{1}{1+at} \cdot \frac{p}{29{,}92}\right) 0{,}00129;$$

wo $a = 0{,}00367$. Der Werth von $x' - x$ ist der direct durch den Versuch gefundenen Gewichtszunahme zu addiren oder subtrahiren, je nachdem es eine positive oder negative Gröfse ist.

D und *E* zusammen gewägt hätte, würde die Gewichtsveränderung nur 0,0004 Grm. betragen haben. Bei einem anderen Versuch, bei welchem eine starke Lösung von Aetzkali in *D* gebracht worden war, betrug der Verlust von *D* 0,0175 Grm. und der Gewinn von *E* 0,0172 Grm., der Unterschied also noch nicht ein Drittel-Milligramm. Andere Versuche derselben Art, mit verschiedenen Lösungen in *D*, gaben ähnliche Resultate. Es ist also klar, dafs nach Maafsgabe, wie man das Gas durch den Apparat leitete, die gesammte der Flüssigkeit in *D* entzogene Feuchtigkeit von der Schwefelsäure in *E* zurückgehalten wurde.

Um zu bestimmen, ob der Gasstrom eine merkliche Menge Jod von *D* nach *E* führe, wurde eine Jodkalium-Lösung, die eine grofse Menge freien Jods enthielt, in *D* gebracht, und eine Lösung von reinem Jodkalium in *E*. Nachdem 4 Liter Luft durch den Apparat geleitet worden, fanden sich 0,0015 Grm. Jod in *E*. Dieſs entspricht einem Zehntel eines Milligramms Sauerstoff, und hier mufste, wegen des grofsen Ueberschusses an Jod in der ersten Lösung, mehr übergeführt worden seyn als bei irgend einem der folgenden Versuche, obwohl bei einigen derselben grofse Gasvolume durch den Apparat geleitet wurden.

Das freie Jod wurde nach der sehr empfindlichen, ich glaube, zuerst von Bunsen vorgeschlagenen Methode bestimmt. Es wurde eine verdünnte Lösung von schwefliger Säure bereitet und ihre Concentration, unmittelbar vor Zerlegung der Flüssigkeit in *D*, dadurch bestimmt, dafs man ermittelte, wie viele Maafse von ihr erfordert wurden, um ein bekanntes Gewicht von freiem Jod in einer Lösung von Jodkalium zu zerstören. Ein entsprechender Versuch wurde mit der Lösung in *D* angestellt, und daraus der Gehalt derselben an freiem Jod durch eine sehr einfache Rechnung hergeleitet.

I. 10,2 Liter von elektrolytischem, ozonhaltigem Sauerstoff wurden durch den Apparat geleitet, $\frac{3}{4}$ Liter etwa in der Stunde. Bei der ersten Wägung zeigte das Barometer 29,85 Zoll und das Thermometer 5°,9 C., bei der zweiten

das Barometer 29,98 Zoll und das Thermometer 5°,3 C. Der Werth von *V* (siehe die vorhergehende Anmerkung) betrug 47 Kubikcentimet. Die Gewichtszunahme des doppelten Apparats *D* und *E* betrug 0,0375 Grm., was, nach Berichtigung wegen der atmosphärischen Aenderungen, für die wahre Zunahme giebt

0,0379 Grm.

Das freie Jod der in *D* enthaltenen Lösung wurde durch 112,7 Maafs einer verdünnten Lösung von schwefliger Säure neutralisirt. Die andere Jodkaliumlösung, welche zugleich mit der ersten bereitet und zu welcher derselbe Betrag von Säure hinzugesetzt worden war, erforderte zur Neutralisation 0,8 Maafs derselben Lösung von schwefliger Säure. Folglich entsprach das durch die Ozonwirkung eliminirte Jod 111,9 Maafsen. Hierauf wurden 0,5341 Grm. reines Jod nebst 2 Grm. Jodkalium zu einigen Tropfen Wasser gesetzt, und, wenn beide gelöst waren, die Lösung verdünnt, bis sie genau 100 Kubikcentmet. einnahm. Aus dem Mittel zweier sehr übereinstimmender Versuche ging hervor, dafs 100 Maafs der schwefligen Säure 95,96 Kubikcentimeter dieser Lösung sättigten, dafs also 1 Maafs der ersteren entsprach 0,00512 Grm. Jod. Aus diesen Datis folgt durch eine leichte Rechnung, dafs das durch das Ozon ausgeschiedene Jod sich belief auf 0,609 Grm. und das Aequivalent von Sauerstoff auf

0,0386 Grm.

II. 2,72 Liter elektrolytischen Sauerstoffs wurden mit gleicher Geschwindigkeit wie zuvor durch den Apparat geleitet. Bei der ersten Wägung: Barometer 29″,60, Thermometer 5°,8 C., bei der zweiten: Barometer 29″,60, Thermometer 6°,0 C. Gewichtszunahme von *D* und *E* 0,0107 Grm., berichtigt

0,0107 Grm.

Das freie Jod in *D* (nach Abzug dessen, was von der [illegible]nen Menge jodsauren Kalis in der ursprünglichen Lö[illegible]g herrührte) wurde neutralisirt durch 30,23 Maafs einer [illegible]ng schwefliger Säure, von welcher ein Maafs, wie ein

gleichzeitig angestellter directer Versuch ergab, 0,00521 Grm. freies Jod neutralisirte. Der die Ausscheidung des Jod veranlassende Sauerstoff betrug also

0,0100 Grm.

III. 2,86 Liter desselben Gases wurden, wie in den vorhergehenden Versuchen durch den Apparat geleitet. Bei der ersten Wägung: Barometer 30″,06, Thermometer 6°,6 C., bei der zweiten: Barometer 30″,20, Thermometer 6°,1 C. Gewichtszunahme von *D* und *E* 0,0152 Grm., berichtigt

0,0154 Grm.

Das freie Jod in *D*, berichtigt wie zuvor, wurde neutralysirt durch 41,52 Maafs einer Lösung schwefliger Säure, von welcher 1 Maafs neutralysirte: 0,00525 Grm. Jod. Das Gewicht des Sauerstoffs, hergeleitet aus dem Gewicht des abgeschiedenen Jods, betrug also

0,0138 Grm.

IV. 6,45 Liter elektrolytischen Sauerstoffs wurden durch den Apparat geleitet. Bei der ersten Wägung: Barometer 29″,96, Thermometer 6°,8; bei der zweiten: Barometer 29″,29, Thermometer 7°,8 C. Gewichtszunahme von *D* und *E*: 0,0303 Grm., berichtigt

0,0288 Grm.

Das freie Jod in *D* wurde neutralisirt durch 100,4 Maafs einer Lösung schwefliger Säure, von welcher 1 Maafs neutralisirte 0,00441 Grm. Jod. Das hieraus abgeleitete Gewicht von Sauerstoff war also

0,0281 Grm.

V. 6,8 Liter elektrolytischen Sauerstoffs durchgeleitet. Bei erster Wägung: Barometer 30″,53, Thermometer 9°,8 C., bei zweiter: 30″,44, Thermometer 10°,4 C. Gewichtszunahme von *D* und *E* 0,0254 Grm., berichtigt

0,0251 Grm.

Das freie Jod in *D* neutralisirte 107,9 Maafs einer Lösung schwefliger Säure, von welcher 1 Maafs entsprach 0,00358 Grm. Jod. Das aus dem abgeschiedenen Jod sich ergebende Gewicht des Sauerstoffs betrug also:

0,0273 Grm.

Zusammengefafst haben wir also folgende Resultate:

	Ozon, hergeleitet aus der Gewichtszunahme des Apparats.	Ozon, hergeleitet aus dem abgeschiedenen Jod.
I	0,0379 Grm.	0,0386 Grm.
II	0,0107 »	0,0100 »
III	0,0154 »	0,0138 »
IV	0,0288 »	0,0281 »
V	0,0251 »	0,0273 »
	0,1179 Grm.	0,1178 Grm.

Die Uebereinstimmung ist vollkommen und beweist unzweifelhaft, dafs Wasser kein Zersetzungsproduct des Ozons ist, und dieses also keinen Wasserstoff als Bestandtheil enthält. Wäre seine Zusammensetzung HO_3, so würde das Gewicht des Apparats um 0,1841 Grm. zugenommen haben, statt 0,1179 Grm.

Die Menge des bei diesen Versuchen gebildeten Ozon ist ziemlich gleichförmig. Denn aus 1 Liter Sauerstoff wurden folgende Mengen Ozon erhalten:

I	0,0038 Grm.
II	0,0037 »
III	0,0046 »
IV	0,0043 »
V	0,0040 »
Mittel	0,0041 Grm.

Bei der zuvor beschriebenen Vorrichtung war daher das durch elektrolytische Zersetzung des Wassers erhaltene Sauerstoffgas von etwa $\frac{1}{350}$ seines Gewichts an Ozon begleitet.

Um jeden möglichen Zweifel an diesen Resultaten zu entfernen, setzte ich einen Apparat zusammen, von allen dessen Theilen organische Substanzen ausgeschlossen waren. Es wurden keine Diaphragmen gebraucht und alle Verbindungsstücke entweder durch Zusammenschmelzen oder durch Einschleifen mit einander vereint. Die Vorrichtung ist in Fig. 22 Taf. IV abgebildet. Zwei Platindrähte (Fig. 23) waren in das Ende einer Glasröhre eingeschmolzen, welche

in die Tubulatur *b* des Gefäfses *A* eingeschliffen wurde. Die Röhre *BB'B''* war eben so in den Hals *a* des Gefäfses *A* eingerieben und mit *C* durch Anschmelzung verbunden. Sie enthielt Bimstein angefeuchtet mit Schwefelsäure. Das Gefäfs *C* war auch mit Schwefelsäure gefüllt und durch Einschleifung mit dem Jodkalium-Gefäfs *D* verbunden. Das Gefäfs *E* enthielt wie zuvor Schwefelsäure. Bei diesen Versuchen durchstrichen Sauerstoff und Wasserstoff beide den Apparat, dessen Genauigkeit hierdurch einer strengen Probe ausgesetzt wurde.

Zwei und zwanzig Liter des Gasgemisches wurden durch den Apparat geleitet. Die Gewichtszunahme von *D* und *E* betrug 0,0135 Grm. Bei der ersten und zweiten Wägung waren respective die Barometerstände 28",96 und 29",57, und die Temperaturen 11°,1 und 10°,0. Die Berichtigung wegen Aenderung des Drucks und der Temperatur ist daher + 0,0014 Grm. und die wahre Zunahme

0,0149 Grm.

Das durch Wirkung des Ozons in *D* ausgeschiedene Jod neutralisirte 62,65 Maafs einer Lösung schwefliger Säure, von welcher 1 Maafs entsprach 0,00373 Grm. Jod. Das Gewicht des Ozons hergeleitet aus dem in Freiheit gesetzten Jod betrug also

0,0148 Grm.

Die Identität dieser Resultate ist sehr genügend, wenn man erwägt, dafs dieses kleine Gewicht Ozon aus 22 Litern oder nahe 5 Gallonen abgeschieden wurde. Das Verhältnifs der Menge des Ozons zu der des zersetzten Wassers ist geringer als bei den früheren Versuchen, vielleicht weil hier ein einziger Platindraht als positiver Pol angewandt wurde. Bei diesem Versuche traf ich auch grofse Sorgfalt, sowohl Kohlensäure als Stickstoff von den Elektrolyten auszuschliefsen.

Mein nächster Gegenstand war, zu bestimmen, ob, wie Williamson und Baumert angeben, wirklich Wasser gebildet werde, wenn man Ozon durch Hitze zersetzt. Zu dem Ende wurde im Ganzen die zu der ersten Reihe dieser Versuche angewandte Vorrichtung benutzt; nur war

der erste Liebig'sche Apparat *D*, statt mit Jodkalium-Lösung gefüllt zu seyn, jetzt leer, und in den oberen Theil eines Metallcylinders *HH* (Fig. 24 Taf. IV) gestellt, wo er durch einen heifsen Luftsstrom aus Leslie's Brenner bis auf etwa 400° C. erhitzt wurde. Mit dem Schwefelsäureapparat *E* beständig verknüpft und mit ihm zusammen gewogen wurde eine kleine *U*-Röhre *G*, die wasserfreie Phosphorsäure enthielt, um sicher zu seyn, dafs die letzte noch etwa vorhandene Spur von Wasserdampf verdichtet würde. Das Sauerstoffgas wurde, wie in den früheren Versuchen, aufgefangen und gemessen.

Es wurden zwei Versuche gemacht. Bei dem ersten gingen 6,8 Liter Sauerstoff, enthaltend 0,027 Grm. Ozon, durch den Apparat; bei dem zweiten 9,6 Liter, enthaltend 0,038 Grm. Ozon. Es fand sich, nachdem alle Berichtigungen gemacht waren, dafs der vereinte Schwefelsäure- und Phosphorsäure-Apparat zugenommen hatte in dem einen Fall um ein Drittel und in dem andern um ein halbes Milligramm. Solche Quantitäten können nur den unvermeidlichen Fehlern des Versuchs zugeschrieben werden. Wäre der Ozon ein zusammengesetzter Körper von der Zusammensetzung HO_3, so würde der Apparat bei dem ersten Versuch 10, und bei dem zweiten 14 Milligrm. zugenommen haben.

Dafs das Ozon keinen Stickstoff enthalten könne, wird aus folgendem Versuch hervorgehen. Zwei Platindrähte waren eingeschmolzen in den Boden einer kleinen Flasche, in welche man Wasser mit Zusatz von etwas Schwefelsäure gofs und einige Zeit rasch sieden liefs. Während das Wasser im Sieden begriffen war, wurden die Drähte mit den Polen einer Volta'schen Batterie verbunden, so dafs sich mit den Wasserdämpfen auch die gemischten Gase entwickeln mufsten. So lange das Sieden dauerte, kam kein Ozon zum Vorschein; liefs man aber die Flüssigkeit langsam erkalten, ohne den Strom zu unterbrechen, so machte es sich bald durch seinen Geruch und durch seine Wirkung auf Jodkalium-Papier bemerklich. Das

Sieden und der Strom der gemischten Gase mufsten hier die Gegenwart von Stickstoff unmöglich machen.

Eine Frage bleibt noch zu beantworten: Enthält das Ozon, aufser Sauerstoff, irgend einen anderen Körper, der durch keins der angewandten Reagentien absorbirt wird? Obwohl das Gas, welches nach der Abscheidung des Ozons aus dem Apparat entwich, reines Sauerstoffgas zu seyn schien, so würde es doch übereilt seyn, zu behaupten, dafs es nicht $\frac{1}{100}$ seines Gewichts von einem unbekannten Körper mit nicht sehr hervorstechenden Eigenschaften enthalten könnte. Diese Frage schien eine Beantwortung auf anderem Wege zuzulassen. Aus einem folgenden Theil dieses Aufsatzes wird man sehen, dafs an der Bildung des Ozons aus reinem und trocknem Sauerstoff durch Wirkung elektrischer Funken kein Zweifel bestehen kann, und nichts ist leichter als ein gegebenes Volum Sauerstoff bei Gegenwart einer Lösung von Jodkalium ganz in Ozon zu verwandeln. Das Nächste zu untersuchen war also, ob das Ozon, welches durch Elektrolyse oder durch Wirkung elektrischer Funken oder durch Oxydation des Phosphors erhalten wird, in allen seinen Eigenschaften vollkommen identisch sey.

Eine der merkwürdigsten Eigenschaften des Sauerstoffs ist seine Zerstörung oder vielmehr seine Umwandlung in gewöhnlichen Sauerstoff durch Hitze. Um die Temperatur zu ermitteln, bei welcher diese Veränderung eintrete, wurde das Gefäfs *D* (Fig. 24 Taf. IV) in ein Quecksilberbad gestellt und das Gas, so wie es entwich, ohne erst durch den übrigen Apparat gegangen zu seyn, untersucht. Bei Erhitzung des Quecksilberbades nahm die Menge des Ozons, bestimmt durch dessen Wirkung auf Jodkalium-Papier, nicht eher merklich ab als bis die Temperatur auf 230° C. stieg. Die Reaction erhielt sich indefs sehr intensiv bis das Thermometer 235° zeigte; zwischen diesem Punkt und 240° verschwand sie aber gänzlich, wenn das Ozon sich in einem sehr verdünnten Zustand befand; war es aber concentrirter, so liefsen sich noch schwache Spuren desselben entdecken.

welche ohne Zweifel auch verschwunden seyn würden, wenn man den Gasstrom sehr langsam durchgeleitet hätte. In der That ist Zeit ein Element bei dieser Reaction. Selbst bei der Temperatur 100° C. wird das Ozon langsam zerstört. Zwei ähnliche Röhren wurden gleichzeitig und durch denselben Procefs mit einem wie gewöhnlich mit Sauerstoff verdünnten Ozon gefüllt und darauf hermetisch verschlossen. Eine dieser Röhren wurde drei Stunden lang in einem Dampfbade auf 100° C. gehalten, die andere aber nicht der Hitze ausgesetzt. Als man nach Verlauf dieser Zeit die beiden Röhren untersuchte, fand sich, dafs die erhitzt gewesene eine wahrnehmbare Menge Ozon weniger enthielt als die andere. Ich zweifle nicht, dafs das Ozon in einer hermetisch verschlossenen Glasröhre selbst bei gewöhnlicher Lufttemperatur allmählich in gemeinen Sauerstoff übergehen würde. Einen Versuch der Art, welcher das Verschwinden des Ozons zur Folge hatte, machte ich vor zwei oder drei Jahren; allein ich erinnere mich nicht mehr, aus welcher Quelle dieses Ozon herstammte und durch welche Vorsichtsmafsregeln es getrocknet worden war.

Andrerseits wird Ozon, welches man direct mit Wasserdampf beim Siedepunkt in Berührung bringt, augenblicklich zerstört.

Um durch Wirkung elektrischer Funken einen continuirlichen Strom von Ozon zu bekommen, wurde ein Strom von reinem, durch Zersetzung von chlorsaurem Kali erhaltenem Sauerstoffgase, der zu seiner Reinigung und Trocknung durch Röhren mit Kalihydrat und mit Schwefelsäure geleitet worden war, einer raschen Folge von elektrischen Funken ausgesetzt. Um einen hinreichenden Strom von Elektricität zu erhalten, wurde eine Elektrisirmaschine auf den Boden des Zimmers festgeschraubt, und durch eine Triebschnur mit einem ebenfalls auf dem Boden befestigten schweren eisernen Schwungrad von 40 Zoll Durchmesser verbunden. Durch diese Vorrichtung konnte die Maschine ungesetzt beliebig lange so gedreht werden, dafs sie 360 Umdrehungen pro Minute machte. Es war natürlich nothwendig

sehr oft ein mit Amalgam überzogenes Reibzeug an die Platte anzulegen; und es waren drei Personen erforderlich, um die ganze Operation auszuführen. Als das Gas fast mit derselben Geschwindigkeit wie in den bereits beschriebenen Versuchen durch den Apparat geleitet wurde, erfolgte ein reichlicher Strom von Ozon, welcher mich in den Stand setzte, seine Eigenschaften sehr genau zu vergleichen mit denen des durch Elektrolyse erhaltenen Ozons.

Im Quecksilberbade erhitzt, wurde das auf diesem Wege bereitete Ozon rasch bei 237° C. zerstört, also bei derselben Temperatur, die das elektrische Ozon zerstörte. In eben der Weise machte der Dampf von siedendem Wasser alle Ozonreaction verschwinden.

Die Wirkung von Wasser und alkalischen Lösungen auf Ozon bei gewöhnlichen Temperaturen ist sehr merkwürdig. Insgemein wird angegeben, Aetzkali absorbire Ozon, aber reines Wasser und Lösungen von Kali, Baryt und Ammoniak haben keine Wirkung. Diese Angabe ist aber keineswegs genau. Reines Wasser absorbirt Ozon nicht, und ein ozonhaltiger Luftstrom kann beliebig lang durch Wasser geleitet werden, ohne in den Eigenschaften desselben eine Aenderung hervor zu bringen. Ich habe auch Ozon mehrere Tage lang in einer verstöpselten Flasche, worin etwas destillirtes Wasser war, aufbewahrt, und dieselbe ab und zu geschüttelt, ohne dafs das Ozon verschwand. Andrerseits hat das reine Wasser die Eigenschaft, eine kleine Menge Ozon zu zerstören. Wenn Ozon, sey es durch Elektrolyse des Wassers oder durch Wirkung elektrischer Funken oder durch Phosphor erhalten, stark mit atmosphärischer Luft verdünnt wird, so verschwindet es gänzlich, wenn man es in einer über Wasser umgekehrten Flasche aufzufangen sucht. Folgender Versuch ist genauer. Eine Flasche [illegible] eingeriebenem Stöpsel, ein halbes Liter fassend, war mit [illegible]chen Volumen Wasser und atmosphärischer Luft gefüllt [illegible] einem pneumatischen Troge umgekehrt. Das Ozon [illegible] einzelnen Blase elektrolytischen Sauerstoffs, die [illegible] Wasser ruhig in diefs Luftvolum geleitet wurde,

liefs sich leicht entdecken; schüttelte man aber das Wasser lebhaft, wurden selbst vier oder fünf Blasen ihres Ozons beraubt. Dasselbe Gas, mit dem Zweifachen seines Volums an Kalkwasser oder einem Drittel seines Volums an Barytwasser geschüttelt, hörte auch auf, die Ozon-Reactionen zu zeigen. In gleicher Weise ist auch die Wirkung des ätzenden Kalis beschränkt. Eine starke Lösung von Aetzkali in einem Liebig'schen Apparat raubte einem Liter elektrolytischen Sauerstoffs sein Ozon, und darauf ging das Ozon frei hindurch. Diese sonderbaren und charakteristischen Erscheinungen sind gleich bei Ozon von jeglichem Ursprunge.

Manganhyperoxyd zerstört Ozon, ein interessantes Beispiel von dem, was man gewöhnlich katalytische Wirkung nennt. Das Hyperoxyd nimmt dabei nicht an Gewicht zu, auch wird kein Wasser gebildet. Ozon aus den drei Quellen giebt gleiche Resultate.

Das Ozon, aus welcher Quelle es stammen mag, hat gleichen Geruch. Dasselbe gilt von seinem Vermögen zu zu bleichen, ohne erst eine saure Reaction hervor zu bringen.

Alle Varietäten des Ozons zersetzen das Jodkalium unter Bildung von jodsaurem Kali, und bringen gelöste oxydirbare Stoffe, als schwefelsaures Eisenoxydul, auf eine höhere Oxydationsstufe.

Es hielte nicht schwer diesen Vergleich weiter auszudehnen, allein ich glaube, er ist schon hinlänglich, um festzustellen, dafs die Eigenschaften des Ozons, auf welchem Wege es auch dargestellt seyn mag, absolut identisch sind. Jeder Unterschied, der bei einer oberflächlichen Untersuchung vorkommen mag, wird sich bei fernerer Erforschung als entsprungen aus dem mehr oder weniger verdünnten Zustand des Ozons herausstellen.

Dafs durch Wirkung elektrischer Funken auf vollkommen trocknen Sauerstoff Ozon gebildet wird, setzt folgender Versuch aufser allen Zweifel. Die gekrümmte Röhre *a* (Fig. 25 Taf. IV) in welche zwei Platindrähte *pp'* hermetisch eingeschmolzen sind, wurde über Quecksilber umge-

kehrt, dann sorgfältig mit reinem Sauerstoff gefüllt, und an einem Ende (*b*) mit etwas (concentrirter) Schwefelsäure versehen. Das Ganze blieb nun 24 Stunden stehen, wo man den Sauerstoff als vollkommen trocken betrachtete. Nun liefs man eine Zeit lang elektrische Funken zwischen den Drähten überschlagen und brachte dann eine Lösung von Jodkalium in das andere Ende der Röhre. Sogleich färbte sich dieselbe durch Ausscheidung von Jod und die Farbe nahm langsam zu, so wie das Ozon absorbirt wurde.

Ferner kann man durch Ueberschlagen elektrischer Funken bewirken, dafs eine Jodkalium-Lösung allen Sauerstoff in einer engen Röhre absorbirt. Dieser Versuch ist von Fremy und Becquerel beschrieben worden, und ich selbst habe mich wiederholt von seiner Richtigkeit überzeugt. Mit einer Thermometer-Röhre von 2 Zoll Länge kann man allen Sauerstoff innerhalb einer Minute zum Verschwinden bringen. Die Lösung wird vermöge der Zersetzung des Jodkaliums immer roth.

Schon haben wir gesehen, dafs weder Wasserstoff noch Stickstoff Bestandtheile des Ozons seyn können, dasselbe mag nun durch Elektrolyse oder durch Wirkung elektrischer Funken auf Sauerstoff erhalten worden seyn; und ferner: dafs alle vorausgesetzten Spielarten des Ozons in jeder Beziehung einerlei Eigenschaften besitzen.

Alle diese Thatsachen zusammengefafst, ergiebt sich klar:

dafs bei der Elektrolyse des Wassers keine gasförmige Verbindung von der Zusammensetzung HO_3 gebildet wird, und:

dafs das Ozon, aus welcher Quelle es auch stammen möge, ein und derselbe Körper von einerlei Eigenschaften und gleicher Beschaffenheit ist, kein zusammengesetzter Körper, sondern Sauerstoff in einem anderen oder allotropischen Zustand.

V. *Bemerkungen über das Atomgewicht des Antimons; von Heinrich Rose.*

Die neue Bestimmung des Atomgewichts des Antimons durch Hrn. Schneider ist eine so wichtige Thatsache, welche die Ansichten, die man von der Zusammensetzung mancher Antimon-Verbindungen, namentlich der antimonsauren Salze aufgestellt hat, so wesentlich verändern mufs, dafs es mir zweckmäfsig erscheint, wenn diese Bestimmung schnell eine Bestätigung finde.

Kurze Zeit nach dem Erscheinen der Arbeit des Hrn. Hefter über die Zusammensetzung der antimonsauren Salze[1]) veranlafste ich Hrn. Weber einige Versuche über das Atomgewicht des Antimons anzustellen, in der Absicht, ob vielleicht durch eine richtigere Bestimmung desselben die verwickelten Formeln, die Hr. Hefter nach dem von Berzelius festgestellten Atomgewicht anzunehmen gezwungen war, wesentlich vereinfacht werden könnten.

Da wenige Substanzen ihrer Menge nach mit so grofser Genauigkeit zu bestimmen sind, als das Chlor, so bin ich immer der Meinung gewesen, dafs das Atomgewicht eines einfachen Körpers am sichersten aus den Chlorverbindungen desselben herzuleiten sey, wenn die Schwierigkeiten bei der Untersuchung derselben nur einigermafsen zu überwinden sind.

Es wurde deshalb auch das feste Chlorantimon, $Sb Cl^3$, zur Untersuchung angewandt. Dasselbe wurde zu diesem Zweck mehrmals destillirt, das erste Destillat abgesondert, und nur die darauf folgenden in kleinen Gefäfsen aufgefangen, um zur Analyse ihrem Gewichte nach bestimmt werden zu können.

Die Untersuchung des Chlorantimons hat aber Schwierigkeiten, da es durch Wasser zersetzt wird. Man kann zwar die Zersetzung durch Hinzufügung von Weinstein-

1) Pogg. Ann. Bd. 86, S. 418.

säure vermeiden; ich hielt es indessen zuerst für zweckmäfsig, diese Säure nicht anzuwenden, um zu sehen, ob auch ohne sie ein gutes Resultat erhalten werden könne.

Es wurden deshalb 3,050 Grm. Chlorantimon durch eine sehr grofse Menge von Wasser zersetzt, und durch die milchichte Flüssigkeit so lange Schwefelwasserstoffgas geleitet, bis in dem erzeugten Schwefelantimon keine weifse Einmengung zu bemerken war. Es dauerte diefs lange, und es war ein Durchleiten des Gases von mehreren Tagen erforderlich.

Darauf wurde das Schwefelantimon mit kaltem Wasser ausgewaschen. Es war indessen nicht möglich, das Schwefelmetall von allem anhängenden Chlor zu befreien, auch als das Auswaschen sehr lange Zeit fortgesetzt wurde. Als endlich mit dem Aussüfsen aufgehört wurde, wurden die filtrirten Lösungen mit einer Lösung von schwefelsaurem Eisenoxyd versetzt, darauf nach sehr gelindem Erwärmen die kleinen Mengen des gefällten Schwefels getrennt und das Chlor als Chlorsilber abgeschieden. Es wurden 5,638 Grm. davon erhalten. Bestimmt man die Menge des Antimons aus dem Verlust, so erhält man im Hundert:

Antimon	54,30
Chlor	45,70
	100,00

und das Gewicht eines Doppelatoms des Antimons wird dadurch 1580,09.

Das Resultat konnte aber kein richtiges seyn, da in dem Schwefelantimon noch Chlorantimon enthalten war. Da ich mich nun schon früher überzeugt hatte, dafs bei einem Zusatz von Weinsteinsäure das Schwefelantimon aus dem Chlorantimon chlorfrei erhalten werden kann [1]), so wurde der Versuch in der Weise wiederholt, dafs 2,162 Grm. Chlorantimon in Weinsteinsäure haltigem Wasser gelöst, und die Lösung mit Schwefelwasserstoffgas gefällt wurde. Aus der filtrirten Lösung wurde nach Behandlung mit schwefelsaurem Eisenoxyd vermittelst salpetersauren

1) Pogg. Ann. Bd. 28, S. 481.

Silberoxyds 4,097 Grm. Chlorsilber erhalten. Hiernach wird die Zusammensetzung des Chlorantimons im Hundert:

Antimon	53,15
Chlor	46,85
	100,00.

Nach dem Resultat dieses Versuches ist das Gewicht eines Doppelatoms des Antimons 1508,666, was nahe mit der Zahl übereinstimmt, welche Hr. Schneider aus seinen Versuchen gefolgert hat, nämlich mit 1504, während Berzelius die Zahl 1612,9 dafür angenommen hat [1]).

Ich habe dieses Resultat nur mitgetheilt, weil die Zahl, welche Schneider auf einem andern Wege gefunden und festgestellt hat, durch dasselbe bestätigt wird, aber keines-

1) Schon vor 31 Jahren hatte ich eine Untersuchung des Chlorantimons angestellt (Pogg. Ann. Bd. 3, S. 443), bei welcher ich zuerst Weinsteinsäure anwandte, um dasselbe auflösen zu können. Obgleich bei dieser Analyse nicht alle die Vorsichtsmafsregeln angewandt wurden, welche der jetzige Standpunkt der analytischen Chemie erfordert, so erhielt ich doch schon damals ein der Wahrheit sich sehr näherndes Resultat, nämlich die Zusammensetzung im Hundert von 53,27 Antimon und von 46,73 Chlor. Legt man aber das jetzt angenommene Atomgewicht des Chlors zum Grunde, und berechnet nach diesem die Menge desselben aus dem erhaltenen Chlorsilber, so verändert sich dieses Verhältnifs in

53,22	Antimon
46,78	Chlor
100,00,	

welches ein Gewicht für ein Doppelatom des Antimons von 1512,91 ergiebt.

Völlig übereinstimmend aber mit der Zahl, welche die oben angeführte Analyse des festen Chlorantimons ergeben hat, ist das Resultat einer Untersuchung des höchsten flüssigen Chlorantimons ($SbCl^5$), welche ich zugleich mit der so eben angeführten bekannt machte. Nach dieser war dasselbe im Hundert aus 59,44 Chlor und 40,56 Antimon zusammengesetzt. Berichtigt man die Menge des Chlors aus dem gefundenen Chlorsilber nach den jetzt angenommenen Atomgewichten, so erhält man folgendes Verhältnifs:

Antimon	40,50
Chlor	59,50
	100,00.

Hieraus ergiebt sich ein Gewicht für das Doppelatom des Antimons von 1508,6.

wegs, um der wichtigen, sehr sorgfältig und fleifsig ausgeführten Untersuchung des Hrn. Schneider die Priorität zu entziehen. Denn es ist gewifs ein grofser Unterschied, ob Jemand beiläufig eine einzelne Untersuchung anstellt, um die Richtigkeit eines Resultats zu prüfen, oder ob er durch eine Reihe planmäfsig ausgeführter Untersuchungen, wie es in der schätzbaren Schneider'schen Arbeit geschehen ist, für die Wissenschaft entschieden nützliche und feste Resultate gewinnt.

VI. *Ueber die Einwirkung von Chlorschwefel auf ameisensaure Baryterde, essigsaures und benzoësaures Natron; von W. Heintz.*

Gerhardt [1]) war es nicht gelungen, mit Hülfe des Benzoylchlorids aus wasserfreiem ameisensauren Natron benzoësaure Ameisensäure oder wasserfreie Ameisensäure darzustellen. Zwar bemerkte er bei Einwirkung dieser Stoffe auf einander eine geringe Wärmeentwickelung, allein bei gelinder Erwärmung von Aufsen entwickelte sich aus der Mischung Kohlenoxydgas in reichlicher Menge und Nadeln von Benzoësäurehydrat sublimirten an den Hals des Gefäfses. Es sammelte sich dabei keine Flüssigkeit in der Vorlage an, und der Rückstand in der Retorte bestand aus Benzoësäurehydrat und Chlornatrium.

In der Meinung, die Gewinnung wasserfreier Ameisensäure könnte Gerhardt deshalb mifslungen seyn, weil er zuerst die Verbindung der wasserfreien Ameisensäure mit Benzoësäure erzeugt und daraus durch Destillation die Ameisensäure zu isoliren gesucht hatte, wobei möglicher Weise die Verwandtschaft der Benzoësäure zum Wasser die Zersetsung der Ameisensäure bedingt haben könnte,

1) Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 87, S. 157.

suchte ich diese Substanz durch Einwirkung von Chlorschwefel (ClS) auf ameisensaure Baryterde darzustellen, wobei, wie ich meinte, nur Chlornatrium, schwefelsaures Natron, Schwefel und wasserfreie Ameisensäure entstehen würde.

Bei einem Vorversuch mit ameisensaurem Bleioxyd, das mit Chlorschwefel übergossen wurde, zeigte sich, dafs sich die Mischung sehr stark erwärmte. Es bildete sich unter Abscheidung von Schwefel, Chlorblei und schwefelsaures Bleioxyd. Um diese Erwärmung zu vermeiden, brachte ich deshalb in einen trocknen Kolben vollständig trockne ameisensaure Baryterde und schob durch den Hals desselben ein Röhrchen ein, welches auf je vier Aequivalente jenes Salzes beinahe drei Aequivalente Chlorschwefel (ClS) enthielt. Der Kolben wurde mit einer aufgeschliffenen Glasplatte bedeckt und mit Kautschuck verbunden. Meine Absicht war, den Chlorschwefel langsam verdunsten und von dem ameisensauren Baryt in der Kälte absorbiren zu lassen. Es zeigte sich jedoch bald, dafs eine reichliche Entwickelung von Gas begann, das den Kautschuckverband aufblähte und sich zwischen ihm und der Glaswand einen Weg bahnte.

Nachdem die ganze Menge des Chlorschwefels aus dem Gläschen verschwunden war, entfernte ich dieses aus dem Kolben, mischte die Masse innerhalb desselben mit Hülfe eines Glasstabes vielfach durch und liefs die Mischung noch einige Tage stehen. Darauf erhitzte ich sie im Oelbade auf 130 bis 150° C. und fing ein flüssiges, farbloses, stark saures Destillat in der Vorlage auf, welches, um es von etwa beigemengtem Chlorschwefel oder anderen sauren Verunreinigungen zu befreien über trocknem ameisensaurem Baryt rectificirt wurde. So gereinigt besafs es die eben angegebenen Eigenschaften und erstarrte bei 0° C. zu einem schön krystallisirten festen Körper. Diese Substanz war nichts anderes als reines Ameisensäurehydrat, wie ihre Eigenschaften und die Elementaranalyse nachwiesen. Letztere hat Folgendes ergeben:

0,3202 Grm. der Flüssigkeit lieferten 0,3032 Grm. Kohlensäure und 0,1250 Grm. Wasser, entsprechend

	gefunden	berechnet	
Kohlenstoff	25,82	26,09	2C
Wasserstoff	4,34	7,35	2H
Sauerstoff	69,84	69,56	4O
	100.	100.	

Um die Natur des Gases zu ermitteln, welches sich bei der Einwirkung des Chlorschwefels auf ameisensaure Baryterde bildet, wurde ein neuer Versuch angestellt, wobei jedoch der ameisensaure Baryt mit dem Chlorschwefel gemischt und der Kolben mit einem unter Quecksilber mündenden Gasleitungsrohr versehen wurde. Hiebei schien anfänglich gar keine Einwirkung statt zu finden. Erst nach einiger Zeit begann eine langsame Gasentwickelung, die sich jedoch allmählich immer mehr beschleunigte, so dafs eine reichliche Menge Gas in kurzer Zeit aufgefangen werden konnte. Das zuletzt aufgefangene Gas, das also frei von Luft seyn mufste, wurde eudiometrisch analysirt, nachdem es vom Dampf des Ameisensäurehydrats durch Kalihydrat befreit worden war. Die bei der Analyse gefundenen Zahlen sind folgende:

		corrigirt für 0° C u. 0,760 M. Barom.st.
Volum des Gases . .	27,44 CC. bei 4°,1 C. u. 0,7635 M. trocken	27,16
Volum des Gases nach Behandlung mit Kalihydrat	23,00 CC. bei 4°,7 C. u. 0,7616 M. trocken	22,66
Volum d. im Rohr rückständigen Gases . .	2,03 CC. bei 8° C. u. 0,5592 M. trocken	1,45
Volum des Sauerstoffs .	37,52 CC. bei 5° C. u. 0,758 M. feucht	36,43
Nach der Verpuffung .	48,76 CC. bei 6°,8 C. u. 0,7579 M. feucht	46,98
Nach Absorption der ensäure . . .	27,47 CC. bei 9°,6 C. u. 0,7456 M. trocken	26,03

h wurden 21,21 Kubikcent. Gas verbrannt und
0 Kubikcent. Sauerstoffgas, während sich
Kohlensäure bildeten, die 20,95 Kubikcent.
m. In dem Gase mufste also sein halbes

Volum Sauerstoff enthalten seyn, es bildete sein eigenes Volum Kohlensäure, es war also reines Kohlenoxydgas.

In dem Rückstand in der Retorte fand sich Chlorbaryum, dafs sich in Wasser löste und der unlösliche Rückstand bestand aus einem Gemisch von Schwefel und schwefelsaurem Baryt. Die hiernach bei Einwirkung von Chlorschwefel auf ameisensauren Baryt geschehende Zersetzung läfst sich durch folgende Gleichung ausdrücken:

$$3\,SCl,\ 4(C^2HO^3 + BaO) = 2\,S,\ (SO^3 + BaO),\ 3\,ClBa,\ 4\,CO,\ 2(C^2HO^3 + HO).$$

Die Zersetzung der Ameisensäure ist hier ganz analog der, welche Gerhardt beobachtet hat. Sie unterscheidet sich nur dadurch, dafs, während sich bei seinem Versuch Benzoësäurehydrat neben Kohlenoxydgas erzeugte, bei meinem Versuch die Bildung dieses Gases von der Entstehung des Ameisensäurehydrats begleitet war.

Die reichliche Bildung von Ameisensäurehydrat bei diesem Versuch brachte mich auf den Gedanken, den Chlorschwefel zu benutzen, um diese Substanz in reinem Zustande darzustellen. Um aber die Bildung von Kohlenoxydgas zu vermeiden, wendete ich bei diesem Versuch nicht ein wasserfreies ameisensaures Salz an, sondern ein wasserhaltiges. Ich entwässerte ameisensaures Natron vollkommen, pülverte es fein und mischte 80 Theile davon innig mit 10 Theilen Wasser. So wurde es sofort in einen Kolben gebracht, in welchen ein Röhrchen eingeschoben wurde, in dem sich 45 Theile Chlorschwefel befanden. Der Kolben wurde durch eine Glasplatte und durch Kautschuckverband verschlossen und darauf der Chlorschwefel tropfenweise unter steter Abkühlung zu dem Salz hinzufliefsen gelassen. Nach beendetem Uebergiefsen wurde der Kolben geöffnet, sein Inhalt durch einen gekrümmten Glasstab aufs innigste gemengt und verschlossen einige Tage sich selbst überlassen. Nachdem ich ihn mittelst eines Korks mit einem gebogenen Gasleitungsrohr versehen hatte, senkte ich ihn in ein Oelbad, welches allmählich bis 130° C. erhitzt wurde. In der Vorlage sammelte sich eine reichliche

Quantität Ameisensäurehydrat an, welches ich nur noch einmal über einer kleinen Quantität trocknen ameisensauren Bleioxyds destillirte. Die Analysen desselben lehrten, dafs es reines Hydrat war. Sie lieferten folgende Zahlen:

I. 0,4333 Grm. der Säure lieferten 0,4097 Grm. Kohlensäure und 0,1732 Grm. Wasser.

II. 0,410 Grm. gaben 0,3897 Grm. Kohlensäure und 0,1635 Grm. Wasser.

Hieraus folgt folgende Zusammensetzung:

	I.	II.	Berechnet.	
Kohlenstoff	25,79	25,92	26,09	2 C
Wasserstoff	4,44	4,43	4,35	2 H
Sauerstoff	69,77	69,65	69,56	4 O
	100.	100.	100.	

Die Methode, welche Melsens [1]) zur Darstellung des Hydrats der Essigsäure aus saurem essigsaurem Kali angewendet hat, kann nicht zur Darstellung des Ameisensäurehydrats dienen, denn ein saures ameisensaures Natron oder Kali darzustellen gelingt nicht. Ich dampfte eine Lösung von ameisensaurem Natron in wenig verdünnter Ameisensäure langsam, zuletzt neben Schwefelsäure ein. Das zurückbleibende Salz war aber neutrales ameisensaures Natron. Denn ich erhielt aus 0,670 Grm. des bei 120° getrockneten Salzes 0,5199 Grm. kohlensaures Natron, d. h. 77,60 Proc. Nach der Rechnung müssen 100 Theile des trocknen neutralen ameisensauren Natrons 78,01 Theile kohlensaures Natron geben. Als ich eine Lösung von ameisensaurem Kali mit Ameisensäure vermischte, und die Lösung bei gelinder Wärme verdunstete, indem ich Sorge trug, die etwa verflüchtete Säure zuletzt durch sehr concentrirte Ameisensäure zu ersetzen, blieb ein Rückstand der bei 140° C. getrocknet wurde. Selbst bei so hoher Temperatur gelang es nicht, diefs Salz fest zu erhalten. 0,5175 Grm. dieses noch wasserhaltigen Salzes lieferten beim Erhitzen ohne Entwickelung saurer Dämpfe 0,3978 Grm. kohlensauren Kalis, entsprechend 76,87 Proc. Ein

1) Journ. f. pract. Chem. Bd. 33, S. 420.*

saures ameisensaures Kali durfte nur 53,11 Proc. kohlensaures Kali geben.

Anders sind die Erscheinungen, wenn man Chlorschwefel anstatt auf ameisensaure Salze auf wasserfreie essigsaure Salze einwirken läfst. Bei einigen vorläufigen Versuchen fand ich, dafs ersterer das wasserfreie essigsaure Natron unter Erwärmung zersetzt. Wendet man einen Ueberschufs von Chlorschwefel an, so destillirt beim Erhitzen der Mischung zuerst dieser ab, dann folgt eine farblose Flüssigkeit, und im Rückstande findet man nichts als Chlornatrium und schwefelsaures Natron nebst etwas Schwefel. Anfänglich glaubte ich jedoch in diesem Rückstande noch einen besonderen Körper aufgefunden zu haben, der sich aber als blofser Schwefel erwies. Wäscht man denselben anhaltend mit Wasser, so bleibt der Schwefel etwas grau gefärbt zurück. Kocht man diesen mit einer grofsen Menge Alkohol, so sieht man aus der filtrirten Flüssigkeit zweierlei Krystalle anschiefsen. Die einen sind sehr klein und weisen sich unter dem Mikroskop als Rhombenoctaëder aus. Sie bestehen aus Schwefel in der Form krystallisirt, in der er aus dem Schwefelkohlenstoff-und anderen Lösungsmitteln zu krystallisiren pflegt. Die anderen sind lange, sehr zarte flach gedrückte Nadeln, die ich bis zur Länge von einem Zoll gesehen habe. Diese hielt ich für eine neue Substanz, konnte aber darin beim Erhitzen keinen Kohlenstoff entdecken. Sie schienen aus reinem Schwefel zu bestehen. Um zu versuchen, ob der Schwefel in dieser Form aus Alkohol krystallisiren könne, kochte ich Schwefelblumen, ferner den präcipirten Schwefel mit Alkohol, sah aber beim Erkalten nur Rhombenoctaëder sich bilden. Als ich jedoch frisch aus Schwefelkalium präcipitirten Schwefel mit Alkohol kochte, entstanden beim Erkalten der filtrirten Flüssigkeit genau dieselben Krystalle, welche ich früher beobachtet hatte. Ich habe nirgends eine Angabe darüber finden können, woraus hervorginge, dafs diese Eigenschaft des Schwefels aus Alkohol in zwei Formen zu krystallisi-

ren bekannt wäre. Diese Beobachtung scheint mir nicht uninteressant, da sie ausweist, dafs der Schwefel auch in seiner alkoholischen Lösung seine allotropischen Zustände wenigstens theilweise erhält. Ich hoffe in Kurzem ausführlichere Versuche über diesen Gegenstand anzustellen.

Um nun die Flüssigkeit zu untersuchen, welche bei Einwirkung des Chlorschwefels auf wasserfreies essigsaures Natron entsteht, setzte ich zu 37 Grm. dieses Salzes, welches vorher höchst fein gepülvert und in einen trocknen Kolben geschüttet worden war, so viel Chlorschwefel, dafs eine dickbreiige Masse entstand. Bei dieser Operation wurde der Zutritt der Luft möglichst abgehalten, um die Bildung des Hydrats der Essigsäure zu verhindern. Nachdem die Mischung vierundzwanzig Stunden gestanden hatte, wurde der bis dahin mit Kautschuck verbundene Kolben geöffnet, und mit einem trocknen Gasleitungsrohr durch einen vorher sorgfältig getrockneten Kork verbunden. Die Oeffnung des Rohrs wurde in eine trockene Vorlage eingeführt und durch Kautschuk an der Mündung letzterer befestigt. Den Kolben senkte ich nun in ein Oelbad, das ich allmählich bis 160° C. erhitzte. Durch die Destillation erhielt ich 35 Grm. einer Flüssigkeit, welche hell röthlich gelb erschien. Sie enthielt noch Chlorschwefel und zwar nun die Verbindung, welche aus zwei Atomen Schwefel und einem Atom Chlor besteht. Ich brachte sie in ein Kölbchen, kühlte sie durch Eis ab, und mischte sie nun mit einem Ueberschufs von wasserfreiem essigsaurem Natron. Nachdem die Mischung einige Stunden gestanden hatte, wurde sie im Oelbade bei einer Temperatur von 160° C. destillirt. Anfänglich ging bei niederer Temperatur eine gelbliche Flüssigkeit über, nachher folgte eine farblose, welche bei weit höherer Temperatur destillirte. Deshalb unterwarf ich das Destillat der fractionirten Destillation, nachdem ich noch etwas trocknes essigsaures Natron dazu gemischt hatte, um etwaige Reste von Chlorschwefel zu entfernen. Es wurden drei Portionen aufgefangen.

Das so gewonnene erste leicht flüssige Destillat wurde mit Wasser gemischt. Unter demselben sammelten sich neben einander eine farblose und eine gelbliche Flüssigkeit an. Durch Schütteln verschwand erstere verdünnte Essigsäure bildend, letztere löste sich dagegen nicht im Wasser. Es blieb jedoch nur etwa ein Tropfen Flüssigkeit übrig. Diese Substanz konnte ich daher nicht weiter untersuchen. Doch hoffte ich bei ferneren Versuchen mehr davon zu gewinnen. Chloracetyl konnte sie nicht seyn, denn dieses wird nach Gerhardt [1]) durch Wasser in Essigsäure und in Chlorwasserstoffsäure verwandelt, während ich die kleine Quantität der gewonnenen Substanz nun schon 4 Monate unter Wasser aufbewahre.

Das zweite, farblose, schwerer flüchtige Destillat war eine Flüssigkeit, die in Wasser untersank, anfänglich ohne sich damit zu vermischen. Bald aber, namentlich beim Schütteln löste sie sich auf, und in der Mischung fand sich nun Essigsäure. Offenbar hatte sich wasserfreie Essigsäure gebildet. Die Analyse wies jedoch aus, dafs die Substanz nicht ganz rein war.

0,2990 Grm. derselben lieferten 0,5036 Grm. Kohlensäure und 0,1626 Grm. Wasser.

Hieraus folgt folgende Zusammensetzung:

	Gefunden.	Berechnet.	
Kohlenstoff	45,94	47,06	4 C
Wasserstoff	6,04	5,88	3 H
Sauerstoff	48,02	47,06	3 O
	100.	100.	

Ich vermuthete, die Säure möchte noch etwas Essigsäurehydrat enthalten, denn eine Mischung von 7 Atomen wasserfreier Essigsäure mit 1 Atom Essigsäurehydrat besteht aus

Kohlenstoff	46,04	32 C
Wasserstoff	6,00	25 H
Sauerstoff	47,96	25 O
	100.	

Deshalb wendete ich bei einem zweiten Versuche alle

1) Annalen der Chem. und Pharm., Bd. 87, S. 70.

Sorgfalt an, um alles Wasser aus dem essigsauren Natron auszutreiben, und den Zutritt der Luft zu vermeiden. In einen Kolben brachte ich 32 Grm. Chlorschwefel und schüttete allmählich 75 Grm. d. h. einen Ueberschufs von wasserfreiem essigsauren Natron so ein, dafs die Mischung erst in drei Tagen vollendet war. Nachdem die Einwirkung beendet war, destillirte ich im Oelbade drei Portionen ab.

Die erste Portion, die vielleicht nach Chlorschwefel oder Chloracetyl enthalten konnte, wurde nach Zusatz von wasserfreiem essigsauren Natron nochmals destillirt.

Die ersten Tropfen des Destillats waren wieder gelb gefärbt. Sie schieden sich durch Zusatz von Wasser in zwei ölige Flüssigkeiten, eine gelbe und eine farblose, von dem letztere bald sich in Wasser löste, erstere aber unverändert blieb. Die Menge dieser Substanz war aber noch geringer als bei dem ersten Versuche. Die nach diesen ersten Tropfen übergegangene farblose Flüssigkeit verhielt sich wie wasserfreie Essigsäure. Allein da ich sie nicht für rein hielt, so habe ich sie nicht analysirt.

Die zweite Portion mischte sich nach anhaltendem Schütteln vollkommen mit Wasser. Die Mischung färbte sich aber durch essigsaures Bleioxyd braun, und durch Kochen bildete sich sogar ein ganz merklicher schwarzer Niederschlag, den ich für Schwefelblei hielt. Um die Flüssigkeit auf einen Schwefel- und Chlorgehalt zu untersuchen, mischte ich sie, nachdem sie in Wasser gelöst war, mit reinem Kalkhydrat. Dadurch verschwand ihr Geruch vollkommen. Die Lösung dampfte ich ein und den Rückstand glühte ich. Hiebei beobachtete ich den Geruch nach Aceton. Die geglühte Masse löste ich in verdünnter Schwefelsäure, das sich dabei entwickelnde Gas liefs ich über ein mit Bleizuckerlösung gefeuchtetes Papier strömen, welches jedoch dadurch nicht gebräunt wurde. In der Lösung konnte weder Chlor- noch Schwefelsäure nachgewiesen werden. War daher über- eine schwefelhaltige Substanz in der Flüssigkeit, so Menge doch sehr klein seyn. Ein anderer Ver- jedoch, dafs die Beimischung anderer Natur

seyn mufste. Die mit Wasser verdünnte Flüssigkeit schlug nämlich aus Quecksilberchloridlösung Quecksilberchlorür weifs und aus einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd metallisches Silber schwarz nieder. Um sie daher von dieser Substanz zu befreien, destillirte ich sie nach Zusatz von vorher durch Hitze vom Wasser befreiten Quecksilberoxyd. Dadurch bildete sich ein weifses Salz, während eine nun nicht mehr Silberlösung verändernde Flüssigkeit abdestillirte. Allein die Analyse lehrte, dafs das Destillat auch nicht reine wasserfreie Essigsäure war. Durch die Analyse erhielt ich nämlich folgende Zahlen:

0,2276 Grm. der Substanz lieferten 0,3773 Grm. Kohlensäure und 0,1253 Grm. Wasser. Demnach bestand sie aus

	Gefunden.	Berechnet.		Berechnet	
Kohlenstoff	45,21	47,06	4C	45,45	20C
Wasserstoff	6,12	5,88	3H	6,06	16H
Sauerstoff	48,67	47,06	3O	48,49	16O
	100.	100.		100.	

Danach könnte diese Substanz als ein Gemisch von vier Atomen wasserfreier Essigsäure mit einem Atom Essigsäurehydrat betrachtet werden.

Die letzte Portion endlich, welche unmittelbar bei der Destillation des Gemischs von Chlorschwefel mit essigsaurem Natron gewonnen war, zeigte dieselben Reactionen und wohl noch etwas stärker, als die zweite Portion. Ich unterwarf sie sofort der Analyse, um zu sehen, welchen Einfluſs die beigemengte Substanz auf die Zusammensetzung der offenbar sie wesentlich ausmachenden wasserfreien Essigsäure ausüben möchte. Wie ich weiter unten zeigen werde, mufs sie Schwefel enthalten haben. Die Verbrennung geschah mit Hülfe einer Mischung von Kupferoxyd und Bleioxyd.

0,2801 Grm. der Flüssigkeit lieferten 0,4532 Grm. Kohlensäure und 0,1294 Grm. Wasser.

Hieraus folgt folgende Zusammensetzung:

Kohlenstoff	44,13
Wasserstoff	5,13
Sauerstoff Schwefel	50,74
	100.

In dieser Substanz ist also der Kohlenstoffgehalt nicht allein, sondern auch der Wasserstoffgehalt wesentlich vermindert, während letzterer gröfser hätte seyn müssen, als die Formel der wasserfreien Essigsäure verlangt, wenn dieselbe ein Gemisch dieser Substanz mit dem Hydrat der Essigsäure gewesen wäre.

Wurde diese Flüssigkeit mit Wasser gemischt, so trübte sie sich allmählich. Die Mischung roch nach Schwefelwasserstoff und bräunte darüber gehaltenes, mit Bleizuckerlösung getränktes Papier. Sie enthielt also Schwefel, wahrscheinlich in Form von Schwefelacetyl. Hierdurch erklärt sich denn auch die Zusammensetzung derselben hinreichend.

Bei den bisher beschriebenen Versuchen hatte ich das wasserfreie essigsaure Natron in den Chlorschwefel geschüttet. Die Folgenden wurden so ausgeführt, dafs umgekehrt der Chlorschwefel allmählich zu dem überschüssigen essigsauren Natron gebracht wurde. Ich hoffte dadurch die Bildung der die wasserfreie Essigsäure verunreinigenden Nebenproducte zu verhindern.

Bei dem ersten dieser Versuche brachte ich den Chlorschwefel in eine Retorte und das wasserfreie essigsaure Natron, welches in starkem Ueberschufs angewendet wurde in eine Vorlage. Dann wurden beide luftdicht mit einander verbunden, und der so zusammengesetzte Destillationsapparat so aufgestellt, dafs der Hals der Retorte nach der Vorlage hin etwas anstieg. Dann wurde der Chlorschwefel schwach erhitzt, so dafs nur die Dämpfe desselben mit dem Salze in Berührung kamen. Als der Chlorschwefel vollständig übergegangen war, wurde die Vorlage fest mit Kautschuck verbunden, 24 Stunden stehen gelassen, dann mit einem trocknen ein Gasleitungsrohr tragenden Kork verstopft und die Masse im Oelbade bei 140 bis 145° C. der

Destillation unterworfen. Die ersten Tropfen des Destillats waren vollkommen farblos, und mischten sich mit Wasser, ohne einen darin nicht löslichen Rückstand zu lassen. Dadurch, dafs das essigsaure Salz stets im Ueberschufs vorhanden war, läfst sich also die Bildung des leichter flüchtigen im Wasser nicht löslichen Productes vermeiden. Allein die mit Wasser gemischte Flüssigkeit fällte aus Quecksilberchloridlösung Quecksilberchlorür. Ebenso verhielt sich die zweite, gröfste Portion des Destillats. Das letzte Destillat wurde nach seiner Mischung mit Wasser allmählich trübe. Die Mischung roch nach Schwefelwasserstoff, bräunte darüber gehaltenes, mit Bleizucker getränktes Papier und wurde von salpetersaurem Silberoxyd niedergeschlagen. Der Niederschlag wurde durch Kochen mit Salpetersäure nicht wieder aufgelöst. Einen ähnlichen Niederschlag gab das mittlere Destillat. Beide enthielten daher noch Chlor. Um diefs zu entfernen, wurde die Flüssigkeit mit trocknem essigsauren Natron gemischt, längere Zeit sich selbst überlassen und dann nochmals destillirt. Jetzt erzeugte salpetersaures Silberoxyd nur eine Spur einer bräunlichen Trübung, welche in Salpetersäure vollkommen auflöslich war.

Bei der Analyse zeigte sich, dafs diese Substanz weit reinere wasserfreie Essigsäure war, als die früher gewonnenen. Doch war sie auch nicht ganz rein.

Die Analyse ergab folgende Zahlen:

0,3817 Grm. lieferten 0,6471 Grm. Kohlensäure und 0,2073 Grm. Wasser.

Hieraus folgt folgende Zusammensetzung:

	Gefunden.	Berechnet.	
Kohlenstoff	46,24	47,06	4 C.
Wasserstoff	6,04	5,88	3 H
Sauerstoff	47,72	47,06	3 O
	100.	100.	

Die gefundene Zahlen sprechen für die Annahme, dafs die analysirte Flüssigkeit ein Gemisch von 9 Atomen wasserfreier Essigsäure mit einem Atom Essigsäurehydrat war.

Hiernach würden nur 1,7 Proc. Hydratwasser darin enthalten gewesen seyn.

Da dieser Versuch offenbar eine reinere Säure geliefert hatte, als die früheren, so hoffte ich dadurch noch zu beseren Resultaten zu gelangen, dafs ich den Dampf des Chlorschwefels noch langsamer zu dem wasserfreien essigsauren Natron treten liefs. Zu dem Ende entwässerte ich essigsaures Natron vollkommen durch Schmelzen, pulverte die noch heifse Masse möglichst schnell und brachte sie in einen vollkommen trocknen Kolben. Darauf schob ich in den Kolben ein Röhrchen ein, welches so viel Chlorschwefel enthielt, dafs nur etwa die Hälfte des essigsauren Natrons dadurch zersetzt werden konnte. Der Kolben wurde mit einer kleinen Glasplatte bedeckt und mit Kautschuck möglichst fest verbunden. So liefs ich ihn so lange stehen, bis der Chlorschwefel fast vollkommen aus dem Röhrchen verschwunden war. Nun entfernte ich das Röhrchen, mischte den Inhalt des Kolbens durch einen gebogenen Glasstab aufs Innigste und liefs die Mischung im wieder sorgfältig verbundenen Kolben nochmals 24 Stunden stehen. Darauf wurde der Inhalt des Kolbens wie früher bei 140 bis 150° C. der Destillation unterworfen. Das gewonnene von Anfang an farblose Destillat wurde nochmals mit etwas vollkommen trocknem essigsaurem Natron gemischt und nochmals destillirt, und zwar so, dafs drei verschiedene Portionen nach einander aufgefangen wurden. Das erste Destillat mischte sich mit Wasser, ohne einen schweren ölartigen Körper ungelöst zu lassen, gab aber auf Zusatz von Quecksilberchlorid einen weifsen Niederschlag, eine Eigenschaft, die die beiden anderen Portionen auch besafsen. Als ich zu der Mischung einer Probe des letzten Destillats mit wenig Wasser, die zuerst durch Erhitzen vollständig erzielt wurde, Ammoniak setzte, so trübte sie sich weifs, allein in der Hitze verschwand der Niederschlag wieder, indem die Flüssigkeit sich gelb färbte. Diese Flüssigkeit gab mit essigsaurem Bleioxyd einen schwarzen Niederschlag von Schwefelblei.

Um diesen schwefelhaltigen Stoff zu entfernen, destillirte ich die Flüssigkeit mit gut getrocknetem essigsauren Quecksilberoxydul bei einer 150° C. nicht überschreitenden Temperatur. Eine Probe des mit Wasser gemischten Destillats wurde nun durch Ammoniak nicht mehr getrübt oder gelb gefärbt und auch nicht durch essigsaures Bleioxyd schwarz gefällt. Dagegen reducirte es noch immer Quecksilberchlorid. Namentlich besafsen die zuerst übergehenden Tropfen diese Eigenschaft. Deshalb rectificirte ich die Flüssigkeit noch einmal, indem ich Sorge trug, das erste Drittel des Destillats zu entfernen. Jetzt gab eine mit Wasser verdünnte Probe des erhitzten Destillats auch mit Quecksilberchlorid nicht augenblicklich eine Trübung. Nur nach längerer Zeit oder beim Erhitzen sogleich bildete sich eine nur sehr geringe Menge einer trübenden weifsen Substanz.

Bei der Analyse dieser Flüssigkeit erhielt ich folgende Zahlen:

0,4027 Grm. Substanz lieferten 0,6785 Grm. Kohlensäure und 0,2182 Grm. Wasser.

Demnach bestand die Substanz aus:

	Gefunden.	Berechnet.
Kohlenstoff	45,95	47,06
Wasserstoff	6,02	5,88
Sauerstoff	48.03	47,06
	100.	100.

Auch diese Substanz mufs ein Gemisch von Essigsäurehydrat mit wasserfreier Essigsäure gewesen seyn. Es leidet keinen Zweifel, dafs dieser Wassergehalt nur aus der Luft herstammen kann, und zwar bedingt ist durch die vielfachen Operationen, die zur Reinigung der Substanz nothwendig waren. Ich verzichtete daher darauf, den Chlorschwefel zur Darstellnng der wasserfreien Essigsäure zu benutzen.

Es ist bekannt, dafs durch Erhitzung von essigsaurem Quecksilberoxydul für sich eine Flüssigkeit abdestillirt, die reich an Essigsäure und einen Nebengeruch nach

Katzenharn besitzt. Ich habe versucht, durch Erhitzen dieses Salzes bei möglichst niedriger Temperatur wasserfreie Essigsäure zu erzeugen, jedoch ohne Erfolg. Das Salz zersetzte sich erst bei einer ziemlich hohen Temperatur, die von 250 bis 300° C. stieg, indem es sich grauschwarz färbte. Die dabei erhaltene farblose Flüssigkeit besafs den angegebenen Geruch in hohem Grade, und erstarrte nicht bei 0° C. Bei der Analyse derselben erhielt ich folgende Resultate:

0,2752 Grm. lieferten 0,3742 Grm. Kohlensäure und 0,1507 Grm. Wasser. Diefs entspricht:

Kohlenstoff	37,10
Wasserstoff	6,09
Sauerstoff	56,81
	100.

Aus diesen Zahlen geht hervor, dafs die wasserfreie Essigsäure bei ihrer Abscheidung Sauerstoff aus dem Quecksilberoxydul aufgenommen hat. Es mufs sich Wasser gebildet haben, aber auch Kohlensäure mufs entstanden seyn, denn die Menge des Kohlenstoffs verhält sich zu der des Wasserstoffs fast wie 1 : 1, während in der wasserfreien Essigsäure dieses Verhältnifs = 4 : 3 ist. Kohlensäurebildung mufs jedoch mit Entstehung von Aceton Hand in Hand gehen. In der That fand sich, als die gewonnene Säure mit Kalihydrat schwach übersättigt wurde, dafs die Flüssigkeit sehr deutlich nach Aceton roch. Allein dadurch erklärt sich die geschehene Zersetzung nicht, denn eine Flüssigkeit, welche ein Gemisch von Aceton, Essigsäure und Wasser ist, kann nicht mehr Sauerstoff als Wasseraequivalente enthalten. Ich vermuthete, dafs sich Ameisensäure gebildet haben möge, allein die mit Kalihydrat neutralisirte Flüssigkeit gab mit Quecksilberchloridlösung nach längerem Kochen nur eine sehr geringe Trübung, wogegen salpetersaures Silberoxyd die mit Ammoniak gesättigte Säure zwar fällte, allein der gebildete Niederschlag blieb vollkommen weifs und löste sich in der Hitze zu einer ganz klaren, nur wenig grau gefärbten Flüssigkeit. Ich mufs es daher un-

entschieden lassen, welche an Sauerstoff reichere Verbindung bei der trocknen Destillation des essigsauren Quecksilberoxyduls gebildet wird, es mir vorbehaltend, später auf diesen Gegenstand zurück zu kommen.

Läfst man Chlorschwefel auf vollständig entwässertes benzoësaures Natron einwirken, so ist die Zersetzung eine ganz analoge, wie bei der gleichen Zersetzung des essigsauren Natrons. Es bildet sich schwefelsaures Natron, Chlornatrium, Schwefel scheidet sich ab und es entsteht wasserfreie Benzoësäure.

Um diese Zersetzung zu studiren, brachte ich in einen Kolben 10 Grm. Chlorschwefel und schüttete darauf nach und nach 37 Grm. vollkommen wasserfreien und sehr fein gepulverten benzoësauren Natrons. Beide Körper wurden durch einen gekrümmten Glasstab innig mit einander gemischt, und 24 Stunden in dem sorgfältig durch eine Glasplatte und Kautschuckverband verschlossenen Kölbchen sich selbst überlassen. Der nun geöffnete Kolben verbreitete den intensiven Geruch des Benzoylchlorids. Ich schlofs daraus, dafs die Zersetzung des benzoësauren Natrons durch Chlorschwefel selbst bei Ueberschufs jenes Salzes nur bis zur Bildung von jenem chlorhaltigen Stoff vorschreite nach der Formel:

$$2(C^{14}H^5O^3 + NaO),\ 3ClS = SO^3 + NaO,\ 2S,\ ClNa,$$
$$2C^{14}H^5 \left\{ \begin{matrix} O^2 \\ Cl \end{matrix} \right.$$

War dieser Schlufs richtig, so mufste sich nach Gerhardt's [1]) Angabe bei einer Temperatur von 130° C. die Masse auflösen bis auf die geringe Menge Schwefel und die gebildeten Salze, welche sich abgeschieden hatten. Es mufste sich dann bei etwas höherer Temperatur Chlornatrium abscheiden und damit gleichzeitig allmählich der Geruch nach Benzoylchlorid verschwinden. In der That beobachtete ich bei höherer Temperatur zuerst eine Verflüssigung der Masse und bei Steigerung derselben über 130° C. trübte sie sich etwas mehr, und der Geruch nach Benzoylchlorid verschwand

1) Ann. der Chem. und Pharm. Bd. 87, S. 73.*

endlich ganz, namentlich nach vielfachem Umrühren. Nachdem die Masse erkaltet und erstarrt war, wurde sie in kaltes Wasser gebracht, damit höchst fein gerieben und etwas kohlensaures Natron bis zur schwach alkalischen Reaction hinzugesetzt. Nachdem die Mischung 24 Stunden gestanden hatte, filtrirte ich das Ungelöste, welches aus Schwefel und wasserfreier Benzoësäure bestehen mufste, ab, wusch es mit Wasser vollkommen aus, preíste es ab und machte es im Wasserbade flüssig. Zu der flüssigen Masse setzte ich soviel Alkohol von der Temperatur von etwa 50° C., dafs die wasserfreie Benzoësäure sich auflöste, und filtrirte die Lösung warm ab. Der Schwefel blieb hiebei ungelöst. Indessen eine kleine Menge desselben löste sich doch auf, und schied sich beim Erkalten in kleinen Krystallchen neben den grofsen Krystallen der wasserfreien Benzoësäure aus. Ich trennte deshalb die Flüssigkeit von den Krystallen durch Filtration, und befreite die der wasserfreien Benzoësäure von denen des Schwefels möglichst durch Schlämmen mit geringen Mengen verdünnten Alkohols, eine Operation, die jedoch auch unterlassen werden kann, da der Schwefel, wie sogleich anzugeben, leicht von der Säure getrennt werden kann. Die von den Krystallen abfiltrirte Flüssigkeit lieferte durch Zusatz von heifsem Wasser, bis die sich erzeugende Trübung nicht mehr verschwand noch zweimal nun von Schwefel freie Krystalle von wasserfreier Benzoësäure.

Die so gewonnene Säure war noch etwas, jedoch nur sehr schwach, gelblich gefärbt, weil das benzoësaure Natron nicht ganz rein gewesen war. Sie konnte aufserdem wenigstens in den zuerst abgeschiedenen Portionen noch etwas Schwefel enthalten. Deshalb schmolz ich sie noch einmal im Wasserbade, gofs die Flüssigkeit von den wenigen Schwefelkrystallchen, welche sich zu Boden senkten, klar ab, spülte die Krystallchen mit etwas warmem Alkohol ab, und setzte nun so viel bis 50° C. erwärmten Alkohol hinzu bis die Lösung geschehen war, worauf die Lösung durch Zusatz einer kleinen Menge frisch geglühter

ausgelaugter Knochenkohle entfärbt wurde. Nachdem sie heifs filtrirt worden war, liefs ich sie langsam erkalten, worauf sehr schöne, vollkommen weifse Krystalle der wasserfreien Benzoësäure anschossen. Die davon getrennte Flüssigkeit gab mit Hülfe der schon oben beschriebenen Methode noch mehr dieser schönen Substanz.

Ein zweiter ganz auf dieselbe Weise mit einer etwas gröfseren Menge benzoësauren Natrons angestellter Versuch führte zu vollkommen denselben Resultaten.

Diese Methode zur Darstellung der wasserfreien Benzoësäure ist sehr bequem und liefert eine reichliche Ausbeute. Der Chlorschwefel dürfte daher das von Gerhardt angewendete Chlorbenzoyl oder das Phosphoroxychlorid verdrängen, welche Körper schwieriger darzustellen sind als der Chlorschwefel. Auch kann man, um den Verlust an Benzoësäure auf ein Minimum zu reduciren, sämmtliche Flüssigkeiten, welche bei der Darstellung der wasserfreien Benzoësäure abfallen, vereinigen, mit kaustischem Kali im geringen Ueberschufs kochen, eindampfen und dann durch Salzsäure die Benzoësäure als Hydrat fällen.

Die Eigenschaften der gewonnenen Säure anzugeben, unterlasse ich, da sie vollkommen mit denen übereinstimmen, welche Gerhardt [1]) als die der wasserfreien Benzoësäure angiebt. Auch ich fand, dafs sie bei einer hohen Temperatur destillirt werden kann, ohne dafs sie sich zersetzt. Nur ein schwacher Geruch der destillirten Säure nach Bittermandelöl beweist, dafs sich bei dieser Operation eine kleine Quantität derselben in diese Substanz umwandelt. In der That zeigte sich, dafs am Ende der Destillation, als die Retorte etwas stärker erhitzt wurde, sich am Halse derselben ein nicht mehr fest werdender Tropfen, der stark nach Bittermandelöl roch und sicher im Wesentlichen daraus bestand, ansammelte.

Bei der Analyse der wasserfreien Benzoësäure erhielt ich folgende Zahlen:

1) Ann. d. Chem. und Pharm. Bd. 87, S. 76.

I. 0,2238 Grm. derselben lieferten 0,6072 Grm. Kohlensäure und 0,0910 Grm. Wasser.

II. 0,2386 Grm. gaben 0,6499 Grm. Kohlensäure und 0,0953 Grm. Wasser.

Hieraus folgt folgende Zusammensetzung:

	I.	II.	Berechnet.	
Kohlenstoff	74,00	74,29	74,34	14 C
Wasserstoff	4,52	4,44	4,42	5 H
Sauerstoff	21,48	21,27	21,24	3 O
	100.	100.	100.	

Die Resultate der vorstehenden Untersuchungen lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen.

1. Der Chlorschwefel (Cl S) zerlegt sich mit den wasserfreien Salzen organischer Säuren stets so, dafs sich Chlormetall und schwefelsaures Metalloxyd bildet und dafs sich Schwefel abscheidet.

2. Dieser Schwefel scheidet sich aus seiner Lösung in vielem kochenden Alkohol theils in Form von Rhombenoctaëdern, theils in langen nadelförmigen Krystallen aus, die sich immer bilden, wenn man frisch aus Schwefelkalium oder Natriumlösung gefällten Schwefel mit Alkohol kocht und die filtrirte Lösung erkalten läfst, während gewöhnlicher gelber Schwefel dadurch nur zur Bildung von Rhombenoctaëdern Anlafs giebt.

3. Die ameisensaure Baryterde liefert durch Einwirkung des Chlorschwefels Ameisensäurehydrat und Kohlenoxydgas gemäfs der Formel:

$$4(C^2HO^3 + BaO),\ 3ClS = 2S,\ SO^3 + BaO,\ 3ClBa,\ 4CO,\ 2(C^2HO^3 + HO).$$

4. Es läfst sich auf diese Zersetzung eine Methode zur Darstellung des Ameisensäurehydrats gründen, die darin besteht, dafs man vier Aequivalente eines trocknen ameisensauren Salzes mit vier Aequivalenten Wasser mischt und allmälig drei Aequivalente Chlorschwefel hinzufügt. Durch Destillation der Mischung bei 110 bis 120° C. wird Ameisensäurehydrat gewonnen.

Ameisensaures Kali oder Natron kann nicht

dargestellt werden. Die Methode, welche Melsens zur Gewinnung des Essigsäurehydrats vorschlägt, kann daher zur Darstellung des Ameisensäurehydrats keine Anwendung finden.

6. Das wasserfreie essigsaure Natron giebt unter der Einwirkung des Chlorschwefels zur Bildung wasserfreier Essigsäure Anlafs, gemäfs der Formel $4(C^4H^3O^3 + NaO)$, $3ClS = ClNa$, $SO^3 + NaO$, $2S$, $4C^4H^3O^3$. Als Nebenproducte bilden sich jedoch dabei noch andere, namentlich schwefelhaltige Körper, und in dem Falle, wenn man das essigsaure Natron in den Chlorschwefel einschüttet, entsteht aufserdem noch eine geringe Menge einer mit Wasser nicht mischbaren Flüssigkeit, die leichter flüchtig als Wasser ist, und darin untersinkt.

7. Durch Destillation des essigsauren Quecksilberoxyduls entsteht eine Mischung von Essigsäurehydrat mit Aceton und einer an Sauerstoff reicheren Substanz, die aber nicht Ameisensäure ist.

8. Läfst man Chlorschwefel auf wasserfreies benzoësaures Natron einwirken, so bildet sich zuerst Benzoylchlorid, das sich beim Erhitzen mit einem Ueberschufs von benzoësaurem Natron bis 150° C. in wasserfreie Benzoësäure umsetzt, nach den Formeln:

$$2(C^{14}H^5O^3 + NaO) + 3ClS = 2S,\ SO^3 + NaO,\ ClNa,$$

$$2\left(C^{14}H^5\left\{\begin{matrix}O^2\\Cl\end{matrix}\right.\right) \text{ und } C^{14}H^5\left\{\begin{matrix}O^2\\Cl\end{matrix}\right., C^{14}H^5O^3 + NaO$$

$$= 2C^{14}H^5O^3,\ ClNa.$$

Hierauf wird eine Methode zur Gewinnung dieser schönen Substanz im reinen Zustande gegründet, welcher im Verhältnifs zu den von Gerhardt angewendeten Methoden der Vorzug gegeben werden mufs, weil die reagirende Substanz, der Chlorschwefel, viel leichter gewonnen werden kann, als die von Gerhardt angewendeten, das Chlorbenzoyl und das Phosphoroxychlorid.

VII. *Ueber den Magnetismus der Eisenerze; von C. B. Greifs.*

Da im Herzogthum Nassau eine Anzahl Gruben, in welchen Magneteisen in nicht unbeträchtlicher Menge gefördert wird, in Betrieb ist, dabei aber polar-magnetische Stufen zu den grofsen Seltenheiten gehören [1]), so entstand in mir der Wunsch, zu erfahren, ob unsere nassauischen Magneteisensteine sich zum Magnete als weiches Eisen oder als Stahl verhielten. Diefs war für mich die erste Veranlassung zu den hier folgenden Untersuchungen. Schon vor mehreren Jahren hatte ich geglaubt, dafs der Mangel der Polarität bei unseren Magneteisen vielleicht von einer anderen quantitativen Zusammensetzung des Eisenoxyduls und des Eisenoxyds herrühren könnte. Ich bat daher damals Hrn. Dr. List (zu jener Zeit Assistent im Laboratorium des Hrn. Geheimen Hofrath Fresenius) eine quantitative Analyse des Minerals vorzunehmen, was derselbe auch mit der gröfsten Bereitwilligkeit übernahm. Das Resultat der Analyse war, dafs auch das nassauische Magneteisen genau zu gleichen Theilen aus Eisenoxydul und Eisenoxyd besteht. Wegen anderer Arbeiten wurden zu jener Zeit die Magneteisensteine bei Seite gelegt, und erst gegen Ende des verflossenen Winters vorgenommen. Ich hatte Material aus drei verschiedenen Gruben. Zunächst operirte ich mit

1) Wenn Dr. Fridolin Sandberger in seiner »Uebersicht der geologischen Verhältnisse des Herzogthums Nassau« bei dem einzigen Fundort »Grube Katharina bei Odersbach« in Parenthese zusetzt »polar-magnetisch«, so darf diefs nur so verstanden werden, dafs bisweilen einmal ein polar-magnetisches Stück daselbst gefunden worden sey. Ich selbst verdanke jetzt der Gütè des Hrn. Bergaccessisten Wenkenbach zu Dillenburg ein polar-magnetisches Stück nassauischen Magneteisens, das im Jahre 1854 in der Grube Blenkertshecke bei Nanzenbach, also einer anderen Grube, gefördert wurde. Wahrscheinlich hatte es die Aufmerksamkeit auf sich gezogen, weil es sich durch seine merklich dunklere Farbe im Vergleich zu dem übrigen Gestein derselben Grube auszeichnete.

einer Inductionsspirale und einer Batterie von zwei Bunsen'schen Elementen. Alle die verschiedenen Stücke Magneteisensteine, welche so der Einwirkung des galvanischen Stromes unterworfen wurden, erhielten eine so starke Polarität, dafs sie nicht nur eine gewöhnliche, auf einer Spitze schwingende Magnetnadel durch Annäherung eines gleichnamigen Poles ganz herumwarfen, sondern dafs sie auch Eisenfeilspähne in nicht unbeträchtlicher Menge anzogen. Andere Stücke strich ich sodann mit zwei einander gegenüberliegenden Stellen an den Polen eines kräftigen, hufeisenförmigen Stahlmagnets. Der Erfolg war derselbe, wie bei der Einwirkung des galvanischen Stromes. Da die erlangte Polarität eine ungeschwächt fotdauernde ist, so ist also die gestellte Frage für den nassauischen Magneteisenstein beantwortet: er verhält sich dem Magnetismus gegenüber wie gehärteter Stahl. Anders dagegen war es bei dem in Octaëdern krystallisirten Magneteisen in Pfitsch in Tyrol, von welchem mir mehrere Octaëder von verschiedener Gröfse, so wie ein schöner Zwillingskrystall zu Gebote standen. Keiner dieser Krystalle nahm durch Bestreichen an den Polen eines Stahlmagnets auch nur die geringste Polarität an. Als sie aber in einer Böttger'schen Bandspirale der Einwirkung des galvanischen Stromes ausgesetzt wurden, zog jeder derselben, so lange der Strom geschlossen blieb, eine bedeutende Menge Eisenfeilicht an, welche sie aber bei der Oeffnung der Kette bis auf die letzte Spur wieder fallen liefsen. Nach der Herausnahme aus der Spirale zogen auch die Krystalle sofort wieder an allen Stellen beide Magnetpole lebhaft an. Sie verhielten sich demnach ganz wie weiches Eisen, was auch noch eine weitere Bestätigung durch die Thatsache erhielt, dafs bei der Annäherung eines kleinen Stückes eines natürlichen Magnets bei ihnen augenblicklich die magnetische Vertheilung eintrat, indem sie an dem genäherten und an dem abgewandten Ende Eisenfeilspähne anzogen, und dieselben bei der Entfernung des natürlichen Magnets wieder fallen liefsen. Dafs dieses verschiedene Verhalten in der Krysta

gestalt begründet seyn dürfte, ist mir allerdings sehr wahrscheinlich, aber ich wage es nicht mit Bestimmtheit zu behaupten, da ich noch keine Gelegenheit hatte, Krystalle von anderen Fundorten zu untersuchen. Hierauf wandte ich mich zur Untersuchung des Nickels, des Kobalts und des Platins. Von dem Nickel hatte ich mehrere Würfel, wie sie hier im Lande auf nassem Wege aus dem vorkommenden Nickelerz dargestellt werden, und auch ein Stückchen, das durch Schmelzen gewonnen war; doch dürfte dieses Metall schwerlich als chemisch rein angesehen werden können. Sämmtliche Nickelstückchen verhielten sich wie weiches Eisen; sie wurden im galvanischen Strom stark magnetisch, waren aber bei der Herausnahme durchaus nicht polar, und konnten es ebenso wenig durch Bestreichen an den Polen eines Magnets werden. Anders dagegen war es wieder mit dem Kobalt. Hr. Dr. Casselmann überliefs mir zur Untersuchung chemisch reines Kobalt, dafs er von Rousseau *frère et comp.* in Paris bezogen hatte, und das bei der vorläufigen Untersuchung lebhaft auf die Magnetnadel einwirkte. Es wurde durch Bestreichen an den Polen eines Magnets, sowohl in der Gestalt als Kobaltblech, als auch in dem porösen Zustande, in welchem es durch Wasserstoffgas reducirt erhalten wird, stark und dauernd polar-magnetisch, und ist demnach dem gehärteten Stahl vergleichbar. Was endlich das Platin betrifft, so stand mir ein kleines Stückchen gediegenes Platin vom Ural aus der Mineraliensammlung des hiesigen Realgymnasiums zu Gebote. Es wirkte unzweideutig auf die gewöhnliche Magnetnadel ein, und bei näherer Untersuchung fand sich sogar eine Stelle, welche den Südpol der Nadel abstiefs. Die gegenüberliegende Stelle zog den Südpol im Vergleich zu den übrigen Stellen stark an, schien aber auf den Nordpol keine Einwirkung zu haben. Da diefs offenbar nur Folge davon seyn konnte, dafs der Nordpol viel schwächer ausgebildet war, so wurde diese Stelle an der astatischen Doppelnadel untersucht, wo sich auch sofort ihre Nordpolarität augenfällig zeigte. Das Stückchen war also

ein natürlicher Magnet. Das Volumen desselben betrug ungefähr $\frac{1}{4}$ Cubikcentimeter, wie dadurch ermittelt wurde, dafs ich es in einen in Cubikcentimeter eingetheilten und bis zu einem bestimmten Theilstrich mit Wasser gefüllten Cylinder brachte.

Während ich eben mit Constatirung der berichteten Thatsachen beschäftigt war, wurde in einer wissenschaftlichen Besprechungen gewidmeten Abendgesellschaft bei Auseinandersetzung des Hüttenprozesses des Eisens die Frage aufgeworfen, ob denn aufser dem Magneteisenstein und dem Magnetkies auch noch andere Eisenerze auf die Magnetnadel einwirkten. Da keiner der Anwesenden eine bestimmte Entscheidung zu geben vermochte, so stellte ich mir die Beantwortung dieser Frage zur Aufgabe. Bei einer vorläufigen Untersuchung mit dem mir gerade zu Gebote stehenden Material (drei Stücke Eisenglanz, zwei Stücke Thoneisen, ein Stück Spatheisenstein, ein Stück Rotheisenstein, ein Stück Brauneisenstein und ein Stück Kohleneisenstein oder s. g. Blackband) zeigten sämmtliche drei Stücke Eisenglanz eine unverkennbare Einwirkung auf eine gewöhnliche, auf einer Spitze schwingenden Magnetnadel, während bei allen übrigen eine solche Einwirkung nicht wahrgenommen werden konnte. Hieran konnte der Mangel an Feinheit des Prüfungsmittels die Schuld haben. Ich liefs mir daher eine astatische Doppelnadel verfertigen, bei welcher jede einzelne Nadel 9 Centimeter lang war, und von welcher das ganze Gewicht 2,4 Decigramm betrug. Dieselbe wurde an einem etwas über 4 Decimeter langen Coconfaden in einem viereckigen, ringsum geschlossenen Pappkasten, an dessen einer Seitenfläche ein Glasthürchen angebracht war, aufgehangen. In der quadratflächigen Grundfläche des Kastens (jede Seite desselben betrug 17 Centimeter) wurden von dem Durchschnittspunkte der beiden Diagonalen aus in gleichen Abständen von einander 64 Strahlen gezogen. Die Beobachtungen wurden dann so angestellt, dafs zuerst die Gleichgewichtslage der Nadel mit Hülfe dieser Strahlen genau festgestellt wurde, dafs dann das zu untersu-

chende Eisenerz mit Vermeidung aller Luftströmungen vorsichtig in den Kasten gebracht, und der Doppelnadel nach und nach näher gerückt wurde, bis diese endlich bei ihrer Bewegung gegen das Erz an demselben haften blieb. Nach der Entfernung des Erzes wurde dann noch einmal zur Controle die Gleichgewichtslage der Nadel bestimmt, um zu sehen, ob sie noch mit der früheren übereinstimme. Als weiteres Material standen mir die sämmtlichen Eisenerze der reichen Mineraliensammlung unserer Anstalt, sowie eine Reihe von Stufen, welche ich der Güte verschiedener Bergbeamten des Herzogthums Nassau verdanke, zu Gebote. Was nun zunächst die Eisenglanze betrifft, so wurden ausser den schon erwähnten, von welchen zwei nassauische (aus Oberscheld und Marienberg) und einer ein schön krystallisirtes Stück aus Elba war, auch noch Eisenglanze von folgenden Fundorten untersucht: aus der Grube Blenkertsheck bei Nanzenbach in Nassau, aus Herrnberg in Nassau, aus Tavetsch in der Schweiz, aus Johann-Georgenstadt in Sachsen, von dem Vesuv, aus Graubünden, aus Altenberg in Sachsen, vom Galgenberg, aus Siegen, aus Framont im Elsafs, von dem Puy de Dome in der Auvergne. Alle, mit Ausnahme derjenigen der zwei letzten Fundorte, wirkten schon auf die gewöhnliche Nadel ein, die der beiden letzten Fundorte nur auf die astatische Nadel. Bei der Untersuchung auf Polarität zeigten sich sogar zwei kleine krystallisirte Stücke späthigen Eisenglanzes aus Gaveradi in der Schweiz, deren Flächen in Farbe und Glanz dem polirten Stahle ähnlich waren, und auf welche Rutil aufgewachsen war, schon deutlich *polar von Natur*, wie unzweifelhaft an der astatischen Nadel nachgewiesen wurde. Von den übrigen wurden alle diejenigen Stufen, welche dazu geeignet waren, an den Polen eines Magnets gestrichen. Bei mehreren konnte das Bestreichen nicht vorgenommen werden, weil der Eisenglanz entweder nur eine Masse kleiner Kryställchen auf anderem Gestein bildete, oder zu sehr in anderem Gestein steckte. Die gestrichenen Exemplare, so wie eins oder zwei, welche der Ein-

wirkung des galvanischen Stroms waren ausgesetzt worden, wurden alle mit Ausnahme eines einzigen polar-magnetisch. Das Verhalten des letzteren, eines krystallisirten späthigen Eisenglanzes vom Vesuv, war um so auffallender, als es an und für sich sehr lebhaft auf die gewöhnliche Magnetnadel einwirkte. Ein Stück aus Marienberg in Nassau wurde nur unipolar (erhielt nur einen Südpol), und zwar weil es wahrscheinlich am gegenüberliegenden Ende in gewöhnlichen Roheisenstein überging; wenigstens war es an diesem Ende viel weicher, indem sich sehr leicht Theilchen bei dem Bestreichen ablösten. Ein anderes Stück aus Herrnberg in Nassau, das aber dem äufseren Ansehen nach in seiner ganzen Masse gleichartig zu seyn schien, und gleichmäfsig mit Quarzadern durchwachsen war, zeigte am einen Ende eine deutliche Einwirkung auf die gewöhnliche Magnetnadel, am anderen Ende aber keine. Als von demselben der Länge nach ein Stück abgeschlagen und gestrichen wurde, wurde es an dem der wirksamen Stelle entsprechenden Ende nordpolar, und blieb am entgegengesetzten Ende wenigstens für die gewöhnliche Nadel unempfindlich. Bei einer weiteren Untersuchung an der astatischen Nadel wurde jedoch dieses Ende sehr schwach südpolarisch gefunden. Auch an dem Mutterstück konnte bei der Untersuchung an der astatischen Nadel an dem scheinbar unwirksamen Ende eine Einwirkung nachgewiesen werden. Ein Stückchen Eisenglimmer, dessen Fundort nicht bezeichnet war, wirkte ziemlich stark auf die astatische Nadel, und wurde durch Bestreichen auch schwach polar; ein Eisenglimmer von dem Fichtelberg im Fichtelgebirge wirkte an sich schon, wenn auch schwach, auf die gewöhnliche Nadel, konnte aber nicht gestrichen werden; und ein Stück brasilianischen Eisenglimmerschiefers endlich zeigte sich schon *von Natur ohne alle künstliche Behandlung so stark polar,* dafs es lebhaft auf die gleichnamigen Pole einer gewöhnlichen Magnetnadel abstofsend einwirkte. Rotheisensteine habe ich bis jetzt 8 Stücke untersucht, zwei aus Diez in Nassau, eins, dessen Fundor

nicht angegeben ist, einen dichten Rotheisenstein aus Dillenburg in Nassau, einen jaspisartigen ebendaher, einen faserigen von Johann-Georgenstadt, einen schuppigen von Siegen und einen ockerigen von Johann-Georgenstadt. Keins dieser Stücke wirkte auf die gewöhnliche Magnetnadel, aber alle mehr oder weniger stark auf die astatische Doppelnadel ein. Mehrere derselben wurden gestrichen, und eins in einer Spirale dem galvanischen Strom ausgesetzt; es konnte aber bei ihnen keine Polarität hervorgerufen werden. Ein stängeliger rother Thoneisenstein aus Bilin in Böhmen wirkte lebhaft auf die gewöhnliche Nadel, und wurde durch Bestreichen auch ziemlich stark polar, so dafs er auf mehr als einen halben Zoll Entfernung an den gleichnamigen Polen eine Abstofsung hervorrief. Dagegen zeigten ein körniger rother Thoneisenstein von Wasseralfingen in Würtenberg und ein Stück Röthel von Saalfeld in Thüringen nur auf die Doppelnadel eine Einwirkung, und letzteres sogar nur eine sehr schwache, so dafs die Versuche mit demselben vielfach wiederholt werden mufsten, um Täuschung zu vermeiden. Was nun ferner die Eisenoxyd-Hydrate anbelangt, so mufs im Allgemeinen bemerkt werden, dafs auch sie zwar sämmtlich die Magnetnadel afficiren, aber fast alle doch in einem geringeren Grade, als es bei den besprochenen Eisenoxyden der Fall war. Zur Untersuchung kamen drei Stufen Brauneisenstein aus dem Nassauischen, Umbra von Cypern, ein faseriger Gelbeisenstein von Klein-Schmalkalden in Sachsen, zwei Stücke gelber Thoneisenstein aus dem Nassauischen und ein Stück Nadeleisenerz aus Lostwisthiel in Cornwall. Bei allen mufste bei der Untersuchung die astatische Nadel zur Hülfe genommen werden. Auch bei ihnen war die Einwirkung dem Grade nach verschieden, am stärksten bei dem Nadeleisenerz und bei den Thoneisensteinen, und am schwächsten bei der Umbra. Die Versuche, mehreren derselben durch Bestreichen oder durch den galvanischen Strom Polarität zu verleihen, mifsglückten. Darauf wandte ich mich zu dem kohlensauren Eisenoxydul oder dem Spath-

eisensteinen. Sie verhielten sich im Ganzen wie die Eisenoxyd-Hydrate, d. h. keins der untersuchten Stücke wirkte auf die gewöhnliche Nadel, aber alle auf die Doppelnadel und zwar mit geringen Unterschieden in der Stärke der Einwirkung; die Versuche endlich, sie auf künstlichem Wege in den polaren Zustand zu versetzen, hatten keinen Erfolg. Zur Untersuchung kamen Spatheisensteine von Ems, von Neudorf im Harz, welche Stufe ein schönes Krystallconglomerat bildete, von Soberstein im Voigtland, von Rosenthal bei Hof in Baiern, von Biber in Hessen, von Clausthal, und ein Stück ohne Angabe des Fundorts, das sich durch seine blauschwarze Farbe auszeichnete, ferner Braunspath von Tharand, aus Ungarn, von Leadhill in Schottland, aus der Grube »Neuer Muth« bei Nanzenbach in Nassau, von Freiberg, von Tavistock in Devonshire, Sphärosiderit von Steinheim beim Hanau, und endlich ein thoniger Sphärosiderit aus Saarbrücken in Rheinpreufsen. Von den Schwefeleisen wurde zuerst eine Stufe Magnetkies (einfach Schwefeleisen) von Bodenmais in Baiern untersucht, und, wie zu erwarten stand, gefunden, dafs sie die gewöhnliche Nadel stark afficire. Als sie an den Polen einer stark magnetisirten Lamelle auf gehörige Weise war gestrichen worden, wurde sie bleibend polar-magnetisch. Hierauf wurden verschiedene Schwefelkiese (doppelt Schwefeleisen) vorgenommen; sie zeigten alle zwar entschieden eine Einwirkung auf die Doppelnadel, aber diese Einwirkung war sehr gering, und konnte nur durch wiederholte Controlversuche festgestellt werden. Doch wurden auch bei den Schwefelkiesen Unterschiede in der Einwirkung sichtbar. Während ein Stück, dessen Fundort ich nicht angeben kann, die astatische Nadel um die doppelte Weite zweier Strahlen ablenkte, brachte ein grofser, schöner, würfelförmiger Schwefelkieskrystall von Tavistock kaum eine Ablenkung auf eine halbe solche Weite hervor. Auch ein brauner Schwefelkieskrystall von Elba, sowie bereits in Brauneisenstein umgewandelte Schwefelkieswürfel von Odersbach bei Weilburg zogen die Doppelna-

an, während ein Aggregat grofser Afterkrystalle nach Schwefelkies von Rio auf der Insel Elba schwach schon auf die *gewöhnliche* Magnetnadel einwirkte, und durch Bestreichen, wenigstens am unkrystallisirten Ende, wo das Gestein Gelbeisenstein zu seyn schien, Polarität erhielt, wie deutlich an der astatischen Nadel nachzuweisen war. Kohleneisenstein oder s. g. Blackband zog zwar die Doppelnadel an, konnte aber weder durch Bestreichen, noch durch Einwirkung eines galvanischen Stromes polar gemacht werden. Titaneisen hatte ich von drei verschiedenen Fundorten, nämlich aus dem Riesengebirge, vom Kaiserstuhl in Baden, welches auf Dolomit aufgewachsen war, und von Salm-Château in Belgien. Das erste, ein ganz kleines Stückchen, wirkte so lebhaft auf die gewöhnliche Nadel ein, wie nur immer ein gleich grofses Stückchen Magneteisenstein hätte thun können, und erhielt durch ganz geringes Streichen an den Polen eines künstlichen Magnets so vollständigen Magnetismus, dafs es selbst Büschel von Eisenfeilspähne anzieht. Aehnlich verhielt sich das zweite, doch traten die Erscheinungen nicht ganz in so hohem Grade auf, namentlich zog es nach dem Bestreichen kein Eisenfeilicht an. Das dritte wirkte nur schwach auf die gewöhnliche Nadel, und als es gestrichen worden war, konnte seine Polarität nur an der astatischen Doppelnadel nachgewiesen werden. Chromeisen von Kraubat in Böhmen verhielt sich dem Titaneisen vom Kaiserstuhl ganz ähnlich; nur zeigte sich, als ihm Polarität ertheilt worden war, der eine Pol bedeutend stärker ausgebildet, als der andere. Franklinit oder Zinkeisenerz von Sparta in New-Yersey zog, wenn auch nur in geringem Maafse, die Pole einer gewöhnlichen Magnetnadel an, doch konnte dasselbe durch Bestreichen nicht polar gemacht werden. Auch zwei zusammengesetztere Mineralien, Lievrit aus dem Dillenburgischen in Nassau, und Dysluit aus Sterling in New-Jersey, wurden untersucht, und auch bei ihnen wurde eine Anziehung der astatischen Nadel beobachtet.

Da ich ein so ausnahmsloses Einwirken aller Eisen ent-

haltenden natürlichen Mineralien, welche mir zu Gebote standen, auf den Magnet gefunden hatte, so glaubte ich mich zu der Vermuthung berechtigt, dafs sich überhaupt von allen Körpern, welche, zwischen den Polenden eines sehr kräftigen Magnets aufgehängt, die axiale Lage annehmen, eine directe Anziehung der Pole einer Magnetnadel werde nachweisen lassen. Zuerst nahm ich einen Eisenvitriolkrystall, wie sie im Handel verkauft werden, und unterwarf diesen der Untersuchung. Als ich an demselben eine unzweifelhafte Anziehung der astatischen Nadel beobachtet hatte, suchte ich mir aus dem Laboratorium des Hrn. Geheimen Hofrath Fresenius chemisch reine, eisenhaltige Präparate zu verschaffen. Es wurden mir mit der gröfsten Bereitwilligkeit sieben solcher chemisch reiner Präparate übergeben, nämlich ein Krystall von Eisencyanidkalium, ein Krystall von schwefelsaurem Eisenoxydul, Krystall von schwefelsaurem Eisenoxydul-Ammoniak, ein Krystall von Eisenalaun, amorphes Eisenoxydhydrat, Eisenoxydul-oxyd. Die sechs ersten wirkten alle, wenn auch in verschiedenem Grade, auf die astatische Nadel ein, am stärksten Eisenoxydhydrat, am schwächsten Eisencyanürcyanid und Eisencyanidkalium. Das Eisenoxydul-oxyd, das nach Wöhler's Methode dargestellt war, wirkte so stark auf die Pole einer gewöhnlichen Nadel ein, dafs es dieselben aus einer ziemlich grofsen Entfernung anzog. Als ich es längere Zeit an den einen Pol eines starken Hufeisenmagnets angehängt hatte, zeigte es auch eine beträchtliche Polarität. Am folgenden Tage jedoch hatte die Polarität so viel abgenommen, dafs sie sich nur noch an der astatischen Nadel nachweisen liefs, hier aber *sehr deutlich* auftrat. Eine weitere Abnahme hat seitdem nicht mehr stattgefunden, und es scheint demnach gewissermafsen eine Uebersättigung stattgefunden zu haben.

Wiesbaden, den 2. Juni 1856.

VIII. *Ueber Darstellung des Aluminiums; von C. Brunner.*

(Vom Hrn. Verfasser mitgetheilt aus d. Berner Mittheilungen. Mai 1856.)

Berzelius lehrte zuerst durch die Anwendung der alkalischen Metalle aus einigen Fluorverbindungen die vorher noch nicht isolirten oder nur sehr unvollkommen bekannten Radicale darzustellen. Seine Versuche betrafen das Silicium, das Bor und das Zirkonium.

Indem er die Verbindungen dieser Körper mit Chlor und Fluor der Einwirkung des Kaliums aussetzte, gelang es, die Radicale derselben zu isoliren. Es scheint nicht, dafs er diese Methode auf die übrigen Erdmetalle ausgedehnt habe.

Mittlerweile war durch die Entdeckung der wasserfreien Chlorverbindungen derselben und die von Wöhler zuerst ausgeführte Bereitung des Aluminiums aus dem Chloraluminium ein neuer Weg eröffnet worden, auf welchem nun die Metalle der Thonerde, Thorerde, Beryllerde und Talkerde aus den betreffenden Chlorverbindungen erhalten wurden.

Die genauere Kenntnifs des Aluminiums, die wir vorzüglich den Bemühungen Deville's verdanken, welchem es gelang, mit grofsartigen Mitteln die Versuche Wöhler's in einem vorher kaum geahnten Maafsstabe auszuführen, lenkte die Aufmerksamkeit der Chemiker von Neuem auf diese Reductionsversuche, und H. Rose hatte, wie es scheint, zuerst den glücklichen Gedanken, wieder eine Fluorverbindung hiezu in Anwendung zu bringen. Es war

[illegible] unter dem Namen von Kryolith bekannte grönl, welches von Berzelius als eine sauer- von Fluoraluminium und Fluornatrium

[illegible] welcher aus diesem Fossil durch [illegible] der Natrium unter Zusatz eines

schicklichen Flufsmittels (Kochsalz oder Chlorkalium) das Aluminium in geflossenen Kugeln von vollkommen metallischer Natur erhalten werden kann, ist wirklich überraschend. Wenn man, wie es mir durch die Güte des Hrn. Deville vergönnt war, Zeuge dieser Reduction war, so verschwindet das Wunderbare jener gewaltigen Stücke dieses Metalles, welche auf der letztjährigen Pariser Ausstellung zu sehen waren.

Soll jedoch die Anwendung des Aluminiums zu einer eigentlichen technischen gebracht werden, so sind hiezu zweierlei Bedingungen erforderlich, nämlich Sicherung des Rohstoffes, aus dem es bereitet wird, und wohlfeilere Darstellung. Jede Verbesserung des Verfahrens in einer dieser beiden Richtungen kann nicht ganz der Beachtung unwerth seyn.

Was zunächst den Rohstoff betrifft, aus welchem das Aluminium dargestellt werden kann, so dürfte man der Meinung seyn, dafs es wohl an Thonerde so bald nicht fehlen werde. Bedenkt man aber, dafs dieselbe aus dem rohen Zustande, wie sie uns die Natur darbietet, zuerst durch mehrere Operationen gereinigt und dann in Chloraluminium umgeschaffen werden mufs, dafs man in Bezug auf die Aluminiumbereitung dieses oder den Kryolith als Rohstoff oder erstes Präparat ansehen mufs, so erhält die Sache eine andere Bedeutung.

Könnte man mit Sicherheit annehmen, dafs der Kryolith fortwährend in grofsen Massen und daher zu billigen Preisen zu bekommen sey, so dürfte es beinahe überflüssig scheinen, sich nach einem andern Material umzusehen. Allein Niemand bürgt uns dafür, dafs es nicht ein blofser Zufall sey, welcher Hrn. Rose dieses Material in solcher Menge zur Verfügung stellte.

Der Mangel an diesem Fossil führte mich auf den Gedanken, eine demselben ähnliche Verbindung künstlich darzustellen. Da dieses sehr leicht gelang, so erlaube ich mir hiemit, die ganze Folge des anzuwendenden Verfahrens zu beschreiben. Ich darf vielleicht hoffen, dafs, abgesehen

von dem vorliegenden Zwecke, diese Erfahrung noch zu anderweitigen nützlichen Ergebnissen führen dürfte.

Vorerst handelte es sich um eine practische Methode, reine Thonerde zu bereiten. Steht Ammoniakalaun zu Gebote, so dürfte wohl das einfachste Verfahren seyn, sich dieselbe durch starkes Glühen dieses Salzes zu verschaffen. Da jedoch dasselbe nicht überall zu bekommen ist, so sieht man sich auf den gewöhnlichen Kalialaun angewiesen. Das bekannte Verfahren, aus diesem die Thonerde durch Niederschlagen mit kohlensaurem Ammoniak darzustellen, ist schon ein für die Technik beinahe unausführbares. Abgesehen von der Verwendung einer Menge des Ammoniaksalzes, ist das Auswaschen eines Thonerdeniederschlages eine Arbeit, welche Geduld und Zeit in nicht geringem Maafse in Anspruch nimmt.

Viel leichter erreicht man seinen Zweck auf folgende Art:

Durch öfteres Umkrystallisiren von Eisen so gut als möglich befreiter Alaun wird auf die bekannte Art zu Alumen ustum gebrannt. Man erhitzt dabei das Salz so weit, dafs bereits Dämpfe von Schwefelsäure sich zu erkennen geben. Alsdann wird die Masse zur Raumersparung zu einem gröblichen Pulver zerstampft und dieses in einem Tiegel während etwa zwei Stunden einer guten Rohglühhitze ausgesetzt. Nach dem Erkalten wird die zusammengesickerte Masse zerrieben und mit Wasser annähernd ausgewaschen. Das so erhaltene Präparat ist nun Thonerde, die noch eine geringe Menge Schwefelsäure (ohne Zweifel als basisches Salz) zurückhält, die durch kein Auswaschen entfernt werden kann [1]). Man trocknet nun die unvoll-

1) Bei der Bereitung des Alumen ustum ist, wie bekannt, die erste Wirkung das Entfernen des Wassers. Dieser folgt aber auf dem Fufse die Zersetzung des Salzes, welche zunächst darin besteht, dafs die schwefelsaure Thonerde ihre Säure theilweise abgiebt und sich in basisches Salz verwandelt. Wird die Arbeit in einem gewissen Zeitpunkt unterbrochen, so kann durch Wasser doppelt schwefelsaures Kali ausgezogen und dieses sogar durch Abdampfen krystallisirt erhalten werden. Durch länger

ständig gewaschene Masse so weit, dafs sie von der Filtrirleinwand abgenommen werden kann, und rührt sie mit einer concentrirten Lösung von kohlensaurem Natron an. Hiezu ist nur eine geringe Menge dieses Salzes, höchstens $\frac{1}{10}$ des in Arbeit genommenen Alauns erforderlich. Das breiartige Gemenge wird nun eingetrocknet und der Rückstand etwa eine Stunde lang mäfsig geglüht. Durch diese Operation wird der basisch-schwefelsauren Thonerde ihre Säure vollständig entzogen. Kocht man die gebrannte Masse mit Wasser aus, so ist der Rückstand reine Thonerde, welche sich leicht und vollständig auswaschen läfst.

Würde bei der letztern Operation eine gröfsere Menge kohlensauren Natrons genommen, als oben angegeben ist, so geht ein Theil der Thonerde mit diesem in Verbindung, löfst sich beim Auswaschen auf und geht für die Bereitung verloren. Bei dem angegebenen Verhältnifs ist dieser Verlust ganz unbedeutend.

Um nun die Thonerde in Fluoraluminium zu verwandeln, wird sie bei höherer Temperatur den Dämpfen von Fluorwasserstoffsäure ausgesetzt. Zu diesem Ende bringt man sie, wenn der Versuch mit kleinen Mengen, z. B. 8 Grm., gemacht werden soll, in einen Platintiegel, hängt diesen mittelst eines Eisendrahts über einer guten Spirituslampe oder einem Kohlenfeuer in schiefer Stellung auf und erhitzt ihn bis zum eben anfangenden Glühen. Alsdann läfst man die fluorwasserstoffsauren Dämpfe, die aus einer Blei- oder Platinretorte entwickelt werden, mitten in die Thonerde hineindringen, die man, um alle Theile mit dem Gase in Berührung zu bringen, mit einem Platinspatel öfter umrührt.

Da bei dieser Operation das Thonerdepulver sein Ansehen nicht merklich verändert, so beobachtet man, um das Fortschreiten und zuletzt die Beendigung der Arbeit zu beurtheilen, von Zeit zu Zeit die Gewichtszunahme der

fortgesetztes Glühen würde zuletzt auch dieses in neutrales Salz verwandelt werden, welcher Punkt jedoch zu unserm Zweck zu erreichen unnöthig ist.

Substanz. Am bequemsten ist es, den Tiegel mit seinem (abgewogenen) Inhalte zu tariren und durch öfteres Wägen seine Gewichtszunahme zu bestimmen.

Die Rechnung ergiebt nämlich, dafs, wenn die Thonerde Al_2O_3 in Al_2F_6 übergeht (und diese Verbindung scheint sich hier zu bilden), 100 Theile zu 163,3 werden müssen. Diesen Punkt erreicht man nur nach ziemlich langer Arbeit, indessen kann er wirklich erreicht werden. Der Grund mag darin liegen, dafs das entstehende Fluoraluminium die noch übrige Thonerde einschliefst und hiedurch die gänzliche Umwandlung erschwert wird. Zu dem nachherigen Gebrauche hat jedoch dieser Umstand keinen wesentlichen Nachtheil. Man erpart Zeit und Mühe, wenn man die Vermehrung nur bis auf 150 fortsetzt. Wesentlich ist bei dieser Operation der richtige Wärmegrad, da bei höhern und niedrigern Temperaturen die Verbindung viel schwieriger entsteht. Eine kaum anfangende Glühhitze scheint die günstige Temperatur zu seyn. Ebenso ist ein öfteres, ja bei gröfseren Mengen ein fortwährendes Umrühren sehr zu empfehlen.

Bei Zubereitungen unter Anwendung von 8 Grammen Thonerde erforderte diese Operation gewöhnlich $1\frac{1}{2}$ Stunden. Es ist aber klar, dafs bei gehöriger Einrichtung des Apparates in der nämlichen Zeit eben so viele Pfunde dargestellt werden könnten. Das so erhaltene Präparat nimmt beinahe das doppelte Volumen der ursprünglichen geglühten Thonerde ein, welche Volumenvermehrung vorzüglich gegen das Ende der Operation eintritt. Man bewahrt es in Gläsern auf

Zur Reduction des Metalles bediente ich mich der von Rose und Deville empfohlenen Methode.

Man schichtet in einem hessischen Tiegel eine beliebige Menge des nach der so eben beschriebenen Methode bereiteten Fluoraluminiums mit $\frac{1}{2}$ seines Gewichtes in dünne Scheiben zerschnittenen Natriums [1]), drückt das Gemenge

1) Am besten ist es, die Natriumscheiben mit einem flachen Pistill auf mehrfach zusammengelegtem Fliefspapier flach zu drücken, so dafs sie

in dem Tiegel mit einem Stempel möglichst fest zusammen und schüttet oben darauf etwa $\frac{1}{2}$ Zoll hoch geschmolzenes und in kleine Stücke zerstofsenes Kochsalz. Der Tiegel wird mit seinem Deckel oder besser mit einem runden feuerfesten Backstein bedeckt.

So vorgerichtet, giebt man nun ein rasches ziemlich kräftiges Feuer, wozu am besten ein kleiner Sefström'scher Ofen mit Gebläse angewendet wird. Es ist wesentlich, dafs eine gute Rothglühhitze, doch nicht Weifsglühhitze, angewendet werde, indem man sonst keine deutliche Schmelzung des reducirten Metalls erreicht; allein eben so sehr ist es zu empfehlen, dieselbe nach vollendeter Reduction nicht zu lange andauern zu lassen, indem sonst leicht ein Antheil des reducirten Metalles verbrennen oder der Tiegel durch die Einwirkung des entstandenen Fluornatriums Schaden leiden kann. Gewöhnlich hört man im Augenblicke, da die Reduction vor sich geht, ein Zischen oder Krachen im Tiegel. Von da hinweg setzt man die Feuerung nur etwa noch 5 bis 8 Minuten fort, rührt die geschmolzene Masse mit einem thönernen Pfeifenstiel um, wodurch sich das Aluminium zu einem einzigen Klumpen zusammenschmelzt, erstickt nun sogleich das Feuer durch Bedeckung und durch Schliefsen aller Oeffnungen des Ofens und läfst den Apparat erkalten.

Nach gänzlichem Erkalten wird der Tiegel in ein Gefäfs mit Wasser gelegt, wodurch sich die graue Salzmasse aufweicht, und diese herausgenommen. Auf dem Boden des Tiegels findet man das reducirte Aluminium als eine runde, völlig metallische Kugel.

Die übrige Salzmasse enthält noch eine ziemliche Menge fein zertheiltes Metall, theils in kleineren Körnern, theils als ein grauliches, mehr oder weniger gröbliches Pulver, welches beim Zerdrücken in einem Achatmörser metallischen Glanz annimmt. Man sammelt dasselbe, reinigt es durch Schlämmen, wobei zuweilen noch ansehnliche geschmolzene

den Tiegel in seinem ganzen Durchmesser ausfüllen. Hiedurch werden sie zugleich von dem anhängenden Steinöl vollkommen gereinigt.

Kugeln zum Vorschein kommen. Bei diesem Schlämmen entwickelt sich gewöhnlich ein übelriechendes Wasserstoffgas. Es ist anzurathen, das Wasser sehr oft zu erneuern, weil die sich bildende alkalische Lösung auf das Aluminium oxydirend einwirkt.

Hat man bei dieser Operation die metallischen rundlichen Körner herausgesucht, so ist es unnütz, das übrige amorphe Pulver weiter auf Aluminiumgewinnung zu behandeln. Wenigstens gelang es mir nie, es ordentlich zusammenzuschmelzen. Man begnüge sich mit denjenigen Metallkörnern, welche nicht kleiner als ein Stecknadelknopf sind und die man sehr leicht heraussuchen kann.

Dagegen enthält dieser Rückstand oft einen nicht geringen Antheil von Silicium, ohne Zweifel aus der Masse des Tiegels herrührend. Es ist dasselbe Product, wie es schon Deville [1]) beobachtete und Wöhler [2]) neuerdings beschrieben hat.

Zuweilen gelingt es, nach Ausziehen des fein zertheilten Aluminiums mit Salzsäure einzelne Siliciumkörner zu isoliren.

IX. *Ueber das geschichtete Licht im elektrischen Ei; von V. S. M. Van der Willigen.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus: *Verslagen en Mededeelingen d. K. Akad. van Wetenschappen, Deel IV.*)

Quet, Grove und Andere haben das schichtförmige Licht, welches mittelst der Ruhmkorff'schen Inductionsspirale im elektrischen Ei hervorgebracht werden kann, ausführlich beschrieben. Unter vielen anderen Dämpfen sind die von flüchtigen Oelen besonders geeignet, diese Erscheinung her-

1) *Annales de chimie et de physique* (3) *XLIII.* 31.
2) Ann. d. Chemie u. Pharm. XCVII. 266.

vorzurufen. Ich benutze dazu gewöhnlich Orangen- oder Bergamott-Oel, wovon ein Paar Tropfen schon Dampf genug in dem Ei geben, und nicht den unangenehmen und durchdringenden Geruch in dem Ei und der Luftpumpe hinterlassen wie besonders das Terpentinöl. Ich habe dieſs Licht schon früher ausführlich behandelt. Allein, so weit mir bekannt ist, hat man die Vertheilung in Schichten noch nicht mit der gewöhnlichen Reibungs-Elektricität hervorgebracht. Zwar hat Faraday das Aussehen des elektrischen Lichts in der verdünnten Atmosphäre verschiedener Gase beschrieben [1]) und er erwähnt dabei auch des dunklen Raumes zwischen dem positiven Büschel und dem negativen Glimmlicht; allein von einer Schichtung, besonders in dem Büschel, meldet er nichts. Auf folgende Weise habe ich sie unlängst mit Hülfe der gewöhnlichen Elektrisir-Maschine bekommen.

Sey *A* (Fig. 17 Tafel III) der Conductor der Maschine, welcher dem inneren Belege der Leidner Flasche *B* positive Elektricität zuführt; der äufsere Beleg dieser Flasche ist nicht isolirt und kann zum Ueberfluſs noch mit umgebenden Leitern in Verbindung gesetzt werden. *J* ist das elektrische Ei, worin sich Bergamott-Oel-Dampf befindet, dessen Spannung auf 3 Mill. herabgebracht ist. *C* ist ein erster metallischer Leiter, der mit dem einen Ende den Knopf der Leidner Flasche berührt; und *F* ist ein zweiter, der an dem einen Ende mit dem ersten durch eine 4 Decimeter lange feuchte Schnur *D* verbunden, und am anderen Ende bei *E* dem isolirten Knopf des Eies bis auf einen geringen Abstand genähert ist. *H* ist ein anderer metallischer Leiter, der einerseits den äufseren Beleg der Leidner Flasche und andrerseits den unteren nicht isolirten Stab des Eies berührt. Der Abstand bei *E* ist willkührlich, kann gröfser oder kleiner genommen werden.

Wenn man nun die Maschine dreht, so wird die Flasche geladen, und sobald diese Laduug eine gewisse Höhe erreicht hat, springt bei *E* ein Funke über. Die Anzahl die-

1) *Exp. Research. T. I, Ser. XII, Art.* 1454 (Ann. Bd. 47, S. 552).

ser Entladungsfunken in einer bestimmten Zeit, bei fortwährender Drehung der Maschine, kann durch den Abstand von *E* sehr bequem geregelt werden. Für jeden Funken, der bei *E* überschlägt, wird man unter günstigen Umständen die in der letzten Zeit so oft besprochene Erscheinung von mehr oder weniger dunklen Streifen in dem positiven Büschel wahrnehmen; und das Ganze wird bis in kleinste Detail übereinstimmen mit dem, was man mit Hülfe des Ruhmkorff'schen Apparats bekommt.

Die Stärke des Lichtes hängt hiebei natürlich davon ab, wie viel Elektricität in gleicher Zeit übergeführt wird. Ich habe die Erscheinung wahrgenommen mit einer Leidner Flasche von 3,7, einer anderen von 13 und einer dritten von 40 Quadrat-Decimeter äufserer Belegung. Das Licht wird durch die eingeschaltete Schnur bedeutend geschwächt, wie ein vergleichender Versuch ohne Schnur sehr deutlich lehrt; aber besonders das positive Licht scheint mir zugleich eine Farbenveränderung zu erleiden, in der Weise, dafs es vom weifslichen Blau durch Einschaltung der Schnur, vor allem näher am negativen Knopf und links und rechts, wo es lockerer wird, in Rosenroth übergeht, eine Farbenveränderung übereinkommend mit der, welche man, wie bekannt, an den Funken in der Luft wahrnimmt, sobald eine Leidner Batterie mit Einschaltung einer feuchten Schnur entladen wird. Es geschieht auch wohl, dafs man keinen schichtförmig vertheilten Büschel bekommt, sondern statt dessen einfach zwei bläuliche Büschel wahrnimmt, den einen vom positiven und den andern vom negativen Knopf des Eies ausgehend, welche, wenn sie einander näher kommen, ins Rosenrothe übergehen und durch einen dunklen Zwischenraum getrennt bleiben. Etwas Aehnliches scheint von Anderen bei dem Ruhmkorff'schen Apparat wahrgenommen zu seyn, wenn in die Bahn des inducirten Stroms ein grofser Widerstand eingeschaltet war. Die Erscheinung kam mir indefs nicht bedeutend genug vor, um sie gerade bei der Reibungs-Elektricität näher zu untersuchen.

Die feuchte Schnur in dem Leiter von dem inneren Belege der Flasche zu dem isolirten Knopf des Eies kann auch in dem Leiter von dem äufseren Belege zu dem unisolirten Knopf angebracht werden; das Ansehen der Schichtung ist dabei dasselbe, aber das Licht noch schwächer.

Ich habe auch untersucht, in wiefern hier die feuchte Schnur ersetzt werden könne durch einen metallischen Leiter von grofsem Widerstand und habe dazu einen Stahldraht von ungefähr 10 Meter Länge und 0,16 Millimeter Dicke benutzt; allein ich habe hiemit keine Spur von Schichtung erhalten können. Dennoch ist es sehr wahrscheinlich, dafs ein metallischer Leiter, sobald sein Widerstand nur grofs genug ist, dasselbe Resultat liefern würde wie eine feuchte Schnur. Der Widerstand jenes Stahldrahts kann noch nicht in Vergleich kommen mit dem des inducirten Drahts im Ruhmkorff'schen Apparat.

Ebenso gut wie mit dem elektrischen Ei, ja noch viel bequemer, gelingt der Versuch mit dem abgeschmolzenen Vacuum eines Barometers, wie es Masson zuerst zu diesem Behufe angewandt hat. Die naturforschende Gesellschaft hieselbst besitzt eine solche leuchtende Röhre von 4 Decimeter Länge, die Hr. Geifsler zu Amsterdam für mich verfertigt hat. An beiden Enden sind dünne Platindrähte in das Glas eingeschmolzen, und beim Verschliefsen ist ein kleiner Tropfen Quecksilber in der Röhre zurückgelassen. So wie der Funke der Flasche ohne den Gebrauch der Schnur durch diese Röhre geht, erblickt man ein weifses, einigermafsen grünliches Licht, welches sich von einem Draht zum anderen erstreckt, und worin nichts dem dunklen Streifen Gleiches wahrgenommen werden kann. Bildet aber die feuchte Schnur einen Theil des Leiters, der von dem Knopf der Flasche bis zu einem kleinen Abstand von dem einen Platindraht führt, so sieht man diefs Licht auf seiner ganzen Länge durchschnitten von dunklen Querstreifen. Der bekannte dunkle Raum am negativen Draht zeigt sich mit Hülfe der feuchten Schnur auch sehr gut; und ich habe bemerkt, dafs seine Gröfse zunimmt, so wie

der Raum, den der Funke in der Luft bei *E* durchspringen mufs, gröfser wird; ich habe ihn mehr als zwei Centimeter lang erhalten.

Da der Versuch mit dem elektrischen Ei mir nicht immer gleich gut gelang, so habe ich die Umstände, die hier von Einfluſs seyn können, näher untersucht, und habe gefunden, dafs man den zweiten Leiter *F* mit Vortheil durch eine gewöhnliche Entladungszange ersetzen kann. Man verbindet den einen Arm der Zange durch die feuchte Schnur mit dem ersten Leiter *C* und nähert den Knopf des anderen von Zeit zu Zeit der oberen Stange des Eies, um die Flasche zu entladen. Auf diese Weise wird, bei einiger Aufmerksamkeit, fast jeder Funke den Büschel mit dunklen Querstreifen geben. Die Beweglichkeit meines zweiten Leiters *F*, welcher, da er mit der Maschine auf *einem* Brette stand, durch das Drehen dieser in fortdauernde Erschütterung gerieth, scheint also das Gelingen des Versuchs begünstigt zu haben. Für das barometrische Vacuum ist der Gebrauch einer Zange ganz überflüssig, denn dieses giebt schon auf die beschriebene Weise bei jedem Funken unfehlbar die beabsichtigten Streifen.

Sehen wir nun, was der beschriebene Versuch lehrt. Mich dünkt, die Nothwendigkeit einer feuchten Schnur, durch welche der Widerstand so sehr vermehrt wird, — ferner die gröfsere Sicherheit, mit der die Streifen entstehen, sobald die Entladung mit Hülfe einer Zange geschieht, die man mit der Hand dem Knopf immer näher und näher bringt, wodurch der Procefs der Entladung positiv verlängert wird, und endlich gerade das manchmalige Mifsglücken des Versuches mit dem Ei, — diefs Alles deutet darauf hin, dafs die dunklen Querstreifen mit der längeren Dauer der Entladung zusammenhängen. Der grofse Widerstand des inducirten Drahts im Rukmkorff'schen Apparat, die mefsbare Dauer, die dabei dem Inductionsfunken in Folge der gröfseren oder kleineren Coërcitivkraft des weichen Eisens und in Folge seiner ganzen Entstehungsweise offenbar zugeschrieben werden mufs, dürften den Procefs

nicht wenig verzögern. Dafs die Streifen in der engen Röhre des barometrischen Vacuums viel bequemer und sicherer entstehen als in dem weiten Ei, kann nicht befremden, wenn man bedenkt, dafs die Röhre, gerade durch ihren kleinen Durchmesser, schon an sich dem Strom einen gröfseren Widerstand darbietet. Sobald ich eine Röhre haben werde, wie ich sie bestellte, die auf die Luftpumpe geschraubt werden kann, werde ich diesen Punkt näher untersuchen.

Beachten wir dann, was Riefs über die partielle Entladung anführt [1]), so ist wohl die Annahme erlaubt, dafs die dunklen Querstriche einzig und allein die Folge eines stofsweisen Ganges in der Entladung sind, der durch die verlängerte Dauer, deren Ursachen wir so eben aufzählten, hervorgebracht wird und mit ihr verbunden ist. Jede partielle Entladung giebt dann ihre leuchtende Schicht, die durch eine dunklere von der nachfolgenden getrennt wird. Die Vollkommenheit, mit der die zunächst gelegenen Schichten allen Buchten und Krümmungen des die positive Elektricität ausströmenden Körpers folgen (wenn man z. B. den positiven Knopf in dem Ei durch ein in einander gedrehtes Stück Blattzinn ersetzt) stimmt mit solcher Vorstellung überein.

Quet giebt an [2]), dafs die dunklen Streifen auch dann wahrgenommen werden, wenn auch nur eine einzige Entladung des Ruhmkorff'schen Apparats durch das Ei geht; mein Versuch beweist dasselbe.

Die Farbenveränderung, die man am positiven Licht bei Einschaltung der Schnur bemerkt, liefse sich erklären, wenn man sagte, dafs die elektrische Entladung, bei gröfserem Widerstand in der Kette oder bei verzögertem Uebergange, längere d. h. langsamere Undulationen in dem Aether erregt. Wollte man für den Augenblick weiter gehen und diefs als eine allgemeine Wahrheit aufstellen, so würde man leicht auf ein Gebiet gerathen, wo alle Sicherheit fehlt.

1) Reibungs-Elektricität Bd. II, Art. 625 u. ff.

2) *Compt. rend. T. XXXV, p.* 950.

Die Bedeutung und die eigentliche Natur der Wirkung verschiedener Dämpfe bei Bildung der beschriebenen Schichten liegt noch ganz im Dunklen; vielleicht würde eine nähere Erwägung ihrer verschiedenen Natur und einer hieraus entstehenden Verschiedenheit ihres Leitungsvermögens uns hier weiter bringen. In diesem Sinne hoffe ich die Untersuchung dieses Lichts mit Hülfe des Ruhmkorff'schen Apparats binnen Kurzen wieder aufnehmen zu können.

Deventer, 19. Febr. 1856.

X. *Von der Elektricitäts-Erregung, welche man beobachtet, wenn eine Flüssigkeit den sphäroidalen Zustand verläfst; von P. L. Rijke.*

Wenn man einen Platintiegel, welcher eine in den sogenannten sphäroidalen Zustand versetzte Flüssigkeit enthält, erkalten läfst, so ereignet es sich oft, dafs derselbe im Moment, da die Flüssigkeit diesen Zustand verliert und gegen seine Wände geschleudert wird, eine beträchtliche Elektricitäts-Ladung annimmt.

Durch die Untersuchungen des Hrn. Reich [1]) und des Hrn. Riefs [2]) wissen wir, dafs die Elektricitäts-Entwicklung, welche unter diesen Umständen stattfindet, lediglich der Reibung der Flüssigkeitstheilchen gegen die Wände des Gefäfses zugeschrieben werden mufs.

Vor mehren Jahren hatte ich Untersuchungen über denselben Gegenstand angestellt, hatte sie aber, durch andere Arbeiten gestört, bei Seite gelegt, bis ich kürzlich die *Comptes rendus* der Pariser Akademie von 1854 durchblät-

1) Abhandlungen bei Begründung der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften.

2) Pogg. Ann. Bd. 69, S 286.

terte und darin fand, dafs Hr. Gaugain ebenfalls damit beschäftigt gewesen, die zur erwähnten Elektricitäts-Erregung beitragenden Umstände zu bestimmen, er aber nicht immer zu den Resultaten gelangte, welche ich vordem erhalten hatte [1]). Diefs veranlafst mich meine früheren Versuche zu veröffentlichen.

Ich bediente mich zweier Platintiegel: der eine fafst 225 Kubikcentm. und wiegt 130,5 Grm., der andere fafst 9 Kubikcentm. und wiegt 12,5 Grm. Zuweilen gebrauchte ich auch, wie man weiterhin sehen wird, einen Silbertiegel, der 9 Kubikcentm. fafste und etwa 11 Grm. wog.

Der zu dem Versuch dienende Tiegel wurde aufgehängt an einem isolirten Platindraht, der an einem seiner Enden mit einem Bohnenberger'schen Elektroskop verbunden war. Unter den Tiegel wurde eine Berzelius'sche Weingeistlampe gestellt. Sobald der Tiegel hinlänglich erhitzt war, entfernte man die Lampe; dann sog man, damit nicht die Flüssigkeit die durch die Verbrennung des Weingeistes gebildeten Gase absorbire, die im Tiegel enthaltene Luft durch eine Glasröhre heraus, und brachte nun mittelst einer Pipette die zu untersuchende Flüssigkeit hinein.

Ich fand, wie die erwähnten Physiker, dafs niemals eine Elektricitäts-Erregung eintritt, sobald die Temperatur des Tiegels nicht so hoch ist, dafs die Flüssigkeit den sphäroidalen Zustand annehmen kann. War dagegen diese Temperatur so hoch, dafs die Flüssigkeit in diesen Zustand übergehen konnte, und hatte man es so eingerichtet, dafs dieselbe ihn wirklich annahm, so beobachtete man zuweilen und immer zufällig eine *sehr schwache* Elektricitäts-Erregung in dem Moment, da man die Flüssigkeit in den Tiegel brachte. Die Elektricitäts-Erregung dauerte nur einen Augenblick, und während der ganzen Zeit, dafs sich die Flüssigkeit im sphäroidalen Zustand erhielt, blieb das Goldblatt des Elektroskops unbeweglich. Erst im Moment, da die Flüssigkeit den sphäroidalen Zustand verläfst, *kann* man, unter gewissen Umständen, eine merkliche Elektrici-

1) *Compt. rend. T.* 38, *p.* 1012 *et T.* 39, *p.* 231.

tätserregung beobachten. In der That hängt Alles davon ab, wie die Erkaltung des Tiegels geschieht. Erfolgt die Temperatur-Abnahme rasch, so benäfst die Flüssigkeit, wenn sie den sphäroidalen Zustand verläfst, mit einem Male das Gefäfs und breitet sich in Masse aus; in diesem Fall ist die Elektricitäts-Erregung Null. Ist die Erkaltung weniger rasch, so zertheilt sich die Masse der Flüssigkeit in eine kleine Zahl von Tropfen, welche das Metall sogleich benässen und sich auf dessen Oberfläche ausbreiten; diese Erscheinung ist begleitet von einer Elektricitäts-Erregung, deren Spannung indefs sehr schwach ist. Wenn endlich die Erkaltung hinreichend langsam geschieht, so zerfällt der ursprüngliche Tropfen in eine grofse Zahl von Tröpfchen, welche nach allen Seiten fortgeschleudert werden. Das Spritzen dieser Tröpfchen, das an einem eigenthümlichen knisternden Geräusch erkennbar ist, dauert so lange als die Temperatur des Gefäfses, obwohl niedriger als die den sphäoridalen Zustand erzeugende, doch höher ist als der Siedpunkt der Flüssigkeit. Während dieser Bewegung der Flüssigkeitstheilchen habe ich immer die stärksten elektrischen Spannungen beobachtet.

Ich brauche wohl nicht zu sagen, dafs ich immer die nöthigen Vorsichtsmafsregeln traf, damit die Wände des Tiegels vollkommen rein waren. Niemals gofs ich die Flüssigkeit hinein, bevor nicht derselbe sorgfältig gesäubert worden war. Das dazu angewandte Verfahren war nicht immer gleich. Es hing ab von der Natur der Flüssigkeit, die man verdampfen liefs. Wie auch dieses Verfahren war, so schlofs es doch beständig mit: 1) einer Waschung mit vielem Wasser; 2) der Einführung einer gewissen Menge von Salpetersäure, bei den Platintiegeln, oder von Chlorwasserstoffsäure, bei dem Silbertiegel; 3) dem Sieden dieser Säure; 4) einem abermaligen Waschen mit vielem Wasser; 5) der Einführung von destilirtem Wasser und 6) dem Sieden dieses Wassers. Niemals wischte ich die Tiegel mit Leinewand aus; ich zog es vor, die letzten Wasser-

tropfen zu verdampfen, während der Tiegel mit seinem Deckel versehen war.

Folgendes sind die von mir erhaltenen Resultate:

Wasser.

Als ich mit vollkommen reinem destillirtem Wasser operirte gaben die Tiegel, die Platin- wie die Silbertiegel, dem Elektroskope stets merkliche Ladungen von negativer Elektricität. Der Versuch ist so leicht, dafs ich ihn seit mehren Jahren in meinen Vorlesungen anzustellen pflege, und er schlägt niemals fehl. Dennoch erklärt H. Pouillet, dafs er, obwohl er den Versuch mehre hundert Male wiederholt, niemals die geringste Spur von Elektricität erhalten habe [1]). Peltier seinerseits sagt, dafs »bei der allmählichen oder plötzlichen Verdampfung dieses Wassers niemals Elektricität erzeugt werde.« [2]) Hr. Reich behauptet ebenfalls, unter diesen Umständen »erhalte man keine Elektricität.« Indefs geht aus einem seiner eigenen Versuche hervor, dafs die Reibung des Wassers gegen das Platin fähig ist, unter gewissen Umständen eine Elektricitäts-Erregung hervorzubringen. Denn man liest in der oben erwähnten Abhandlung: »Endlich habe ich in den Platintiegel Platindraht, zusammengerollt und in einzelnen Stückchen, gelegt, mit Königswasser gekocht, und dann, durch mehrmaliges Kochen in reinem Wasser vollständig gereinigt, dann mit dem Elektroskop in Verbindung erhitzt und destillirtes Wasser aufgespritzt. Sogleich divergirten die Goldblättchen sehr stark mit negativer Elektricität.« Endlich, wie Jedermann weifs, hat Faraday gefunden, dafs ein Platindraht negative Elektricität annahm, als er ihn in einen Strom von Wasserdampf hielt, von dem ein Theil in den flüssigen Zustand übergegangen war [3]).

Dafs die HH. Pouillet, Peltier und Reich so abweichende Resultate von den meinigen erhalten haben,

1) Pogg. Ann. Bd. XI, S. 429.
2) *Compt. rend. T. XI, p.* 909.
3) *Exprm. Resea-ch.* §. 2099. (Ann. Bd. 60, S. 330.)

rührt, glaube ich, alleinig davon her, dafs diese Physiker keine hinlänglich empfindliche Elektroskope anwandten. Diejenigen, deren die HH. Pouillet und Reich sich bedienten, waren Volta'sche Goldblatt-Elektrometer, während Hr. Peltier dasjenige angewandt zu haben scheint, welches seinen Namen führt. Nun aber haben bekanntlich diese Instrumente lange nicht die Empfindlichkeit des Bohnenberger'schen. Ueberdiefs war das Elektroskop des Hrn. Pouillet mit einem Condensator versehen, welcher, wie man jetzt weifs, bei diesen Versuchen, die Erscheinungen zu verstecken strebt. Jedenfalls glaube ich, dafs die von mir erlangten Resultate nicht einer Beschmutzung des Tiegels zugeschrieben werden können; denn, ehe ich ihn mit Säure behandelte, liefs ich darin eine Kalilauge sieden. Bei den Platintiegeln wurden die Vorsichtsmafsregeln sogar noch weiter getrieben. Nachdem sie mit Kali und mit Salpetersäure behandelt worden, füllte ich sie mit einer durch das neunfache ihres Volums verdünnten Schwefelsäure und tauchte in dieselbe eine Platinplatte, die verbunden war mit der negativen Elektrode einer galvanischen Säule, deren positive Elektrode mit dem Tiegel in Verbindung stand. Nachdem seine Innenwand hiedurch funfzehn Minuten lang der Wirkung des entstehenden Sauerstoffs ausgesetzt worden, wusch ich ihn mit destillirtem Wasser, das ich einige Zeit darin kochen liefs; darauf trocknete ich ihn, wie oben angegeben.

Das destillirte Wasser, mit welchem ich arbeitete, war vollkommen rein; und auf welche Weise es auch bereitet seyn mochte, waren doch die Resultate immer die nämlichen.

Säuren.

Beim Operiren mit Phosphorsäure, Chlorwasserstoffsäure und Oxalsäure beobachtete ich stets, dafs die Platinpol negative Elektricität annahmen, welchen Grad von Concentration diese Säuren auch haben mochten. Mit Schwefelwasserstoffsäure erhielt ich gleiche Resultate, der Tie-

gel mochte von Platin oder Silber seyn. Allein mit Salpetersäure waren die Resultate verschieden nach der Concentration. War die Säure concentrirt, so nahm der Tiegel *positive* Elektricität an. Die Ladung des Elektroskops war zwar schwach, aber dennoch sehr deutlich. Sie nahm ab in dem Maafse als die Säure verdünnter war, bis sie das Zeichen wechselte und zuletzt eine beträchtliche Spannung erreichte.

Die Schwefelsäure gab mir analoge Resultate wie die Salpetersäure. Mit concentrirter Säure nahm der Tiegel eine merkliche Ladung *positiver* Elektricität an; beim Verdünnen der Säure nahm die Spannung ab, allein die Elektricität wechselte das Zeichen nicht, so lange die Dichtigkeit über 1,682 blieb. Erst als ich eine Säure von 1,615 spec. Gewicht anwandte, erhielt ich negative Elektricität. Bekanntlich ist 1,632 die Dichtigkeit desjenigen Hydrats der Schwefelsäure, welches die gröfste Menge Wasser enthält. Da nun die Säure, im Moment, wo sie den sphäroidalen Zustand verläfst, concentrirter ist als sie in den Tiegel gebracht wurde, so könnte es wohl seyn, dafs die in den Tiegel geschüttete Säure von 1,615 Dichtigkeit die von 1,632 besafs, als sie den sphäroidalen Zustand verliefs. Es würde daraus folgen, dafs die Schwefelsäure, um das Platin negativ zu machen, mit wenigstens drei Atomen Wasser verbunden seyn mufs.

Diese Resultate stimmen, was den Zeichenwechsel betrifft, nicht mit denen der HH. Pouillet und Gaugain überein. Zwar haben diese Physiker gefunden, dafs die Schwefelsäure, wie die Salpetersäure, im verdünnten Zustande, den Tiegeln negative Elektricität giebt; allein sie behaupten, im Widerspruch mit dem von mir Beobachteten, dafs die concentrirten Säuren nicht die mindeste Spur von Elektricität, weder positiver noch negativer, ertheilen.

Basen.

Wie die HH. Pouillet, Reich und Gaugain habe ich gefunden, dafs eine Kalilösung das Platin positiv macht.

Silbertiegel gaben mir analoge Resultate. Auch in der Wirkungsweise einer Ammoniaklösung stimme ich mit den HH. Pouillet und Gaugain überein, denn, wie sie, habe ich immer beobachtet, dafs der Tiegel negative Elektricität annahm. Allein was die Elektricitäts-Erregung betrifft, die durch Reibung einer Lösung von Kalk, Strontian oder Baryt hervorgebracht wird, so stimmen meine Resultate nicht mit denen dieser beiden Physiker; denn sie fanden, dafs der Tiegel positive Elektricität annahm, während derselbe bei meinen Versuchen dem Elektroskop die entgegengesetzte, nämlich negative Elektricität zuführte. Ich weifs mir diese Verschiedenheit in den Resultaten nicht zu erklären, es sey denn, man wolle annehmen, dafs diese Physiker nicht alle nöthige Vorsicht trafen, um die Wände ihrer Tiegel vollkommen rein zu erhalten. Was mich in dieser Meinung bestärkt, ist: dafs ich oft den Tiegel habe negative Elektricität annehmen gesehen, sobald ich nicht alle oben angezeigten Vorsichtsmafsregeln getroffen hatte, um seine innere Fläche vollkommen zu reinigen.

Salze.

Beim Operiren mit den folgenden Salzlösungen habe ich immer gesehen, dafs Platintiegel dem Elektroskop negative Elektricität zuführen:

Schwefelsaures Natron; schwefelsaures Kupferoxyd; Chlornatrium; salpetersaurer Kalk; salpetersaures Ammoniak; salpetersaurer Baryt; phosphorsaures Natron; chromsaures Kali; doppelt chromsaures Kali; kohlensaures Natron.

Ein Silbertiegel, der Wirkung einer Lösung dieses letzten Salzes ausgesetzt, nahm gleichfalls negative Elektricität an.

Hr. Gaugain behauptet, dafs kohlensaures Kali den Tiegeln eine starke Ladung positiver Elektricität gebe. Die von mir erhaltenen Resultate stimmen nicht ganz mit denen des französischen Physikers überein. Freilich habe ich bisweilen meine Tiegel positive Elektricität annehmen

gesehen; allein dieſs geschah nur, wenn sie nicht hinreichend gereinigt worden waren.

Man weiſs in England, allein, wie es scheint, nicht in Deutschland und Frankreich, daſs der Armstrong'sche Dampfkessel eine starke Ladung positiver Elektricität annimmt, sobald die Wassertröpfchen, deren Reibung die Elektricitäts-Erregung bedingt, essigsaures Bleioxyd gelöst enthalten [1]). Dieſs bestimmte mich zu untersuchen,

1) Die eben erwähnte Thatsache scheint im Widerspruch zu stehen mit den so berühmten Versuchen des Hrn. Faraday, da der groſse Physiker bekanntlich alle Elektricitäts-Erregung verschwinden sah, sobald die Wassertröpfchen durch Zusatz irgend eines Salzes leitend gemacht worden waren. Ich muſs jedoch bemerken, daſs in dem Apparat, den Hr. Faraday zu seiner Verfügung hatte, der Wasserdampf nur bis zu einer Spannung von $1\frac{1}{4}$ Atmosphäre gebracht werden konnte, und daſs Hr. Faraday selbst sich mit Vorbehalt ausspricht über die Wirkung, welche Wasserdampf von höherer Spannung hervorbringen würde. Unter Anderem sagt er in den *Exprm. Research.* §. 2086. (Ann. Bd. 60, S. 326). »*An effect, which has been decreased or even annihilated (as by the addition of substances to the water in the steam globe or to the issuing current of water and steam) may, no doubt, by increase of pressure, be again developed and exalted.*« Nun aber steht der Wasserdampf im Armstrong'schen Kessel immer unter einem viel höheren Druck als dem von $1\frac{1}{4}$ Atmosphäre.

Ich habe mich übrigens versichert, daſs die Eigenschaft, den Kessel positiv zu machen, nicht bloſs dem essigsauren Bleioxyd angehört, daſs vielmehr andere Salze sie ebenfalls besitzen, nur daſs sie lange nicht dem Kessel eine so starke Elektricitätsladung ertheilen. Folgendes sind die Resultate, die ich mit der dem physikalischen Kabinet unserer Universität gehörigen Armstrong'schen Maschine erhalten habe. Dieses Instrument ist, auſser der gewöhnlichen Vorrichtung zur Auslassung des Dampfs, mit einer besonderen Entweichungsröhre versehen, in welcher sich ein Baumwollendocht befindet, den man mit der Salzlösung befeuchten kann, die man untersuchen will. Als nun dieser Docht mit Kochsalzlösung befeuchtet worden, fand ich, daſs der Dampfkessel, in welchem man den Wasserdampf auf einen Druck von 5 oder 6 Atmosphären gebracht hatte, eine sehr merkliche Elektricitäts-Ladung annahm. Mit einem Goldblatt-Elektrometer verbunden, brachte er dasselbe zu starker Divergenz. Die entstandene Elektricität war positiv, also von gleichem Zeichen wie die Elektricität, welche man beim Operiren mit essigsaurem Bleioxyd erhält. Ihre Spannung dagegen war viel schwächer.

welche Wirkung eine Lösung dieses Salzes auf einen Platintiegel hervorbringen würde. Da fand ich denn, dafs der Tiegel dem Elektroskop nicht allein eine starke Elektricitätsladung zuführte, sondern auch, dafs diese Elektricität positiv war, also von gleichem Zeichen wie die Elektricität, welche der Armstrong'sche Kessel verliert, wenn man mit einer Lösung desselben Salzes operirt.

Als ich mich einer Lösung von essigsaurem Kupferoxyd bediente, fand ich, dafs der Tiegel eine negative Elektricitätsladung annahm, sobald die Lösung sehr verdünnt war, eine positive dagegen, sobald die Lösung concentrirt war.

Lösungen von essigsaurem Ammoniak und essigsaurem Baryt machten die Tiegel negativ.

Beim Operiren mit Lösungen von essigsaurem Kali und essigsaurem Natron fand ich, dafs das Elektroskop negative Elektricität anzeigte, im Moment, da die Flüssigkeit anfing, den sphäroidalen Zustand zu verlassen, dafs aber einige Augenblicke später die Elektricität das Zeichen wechselte und positiv wurde.

Die mit essigsaurem Bleioxyd erhaltenen Elektricitätsladungen waren viel stärker als die, welche ich mit den übrigen essigsauren Salzen fand.

Alle diese Erscheinungen sind übrigens ziemlich complicirt. Die Temperatur des Tiegels ist immer so hoch, dafs wenigstens einige dieser essigsauren Salze sich partiell zersetzen. Daraus erfolgen Ablagerungen auf die Wände des Tiegels, und ich bin der Annahme nicht fern, dafs ein Theil der entwickelten Elektricität der Reibung der Tröpfchen gegen diese Absätze zugeschrieben werden mufs.

Leijden, 20. Mai 1856.

Mit essigsaurem Bleioxyd erhielt ich leicht Funken von 10 bis 20 Millimeter Länge, während ich mit Kochsalz gar keine erhalten konnte. Essigsaures Natron gab mir genau dieselben Resultate wie Kochsalz. Der Dampfkessel war positiv, aber viel weniger als beim essigsauren Bleioxyd.

XI. *Ueber die Elektricitäts-Erregung durch Reibung; von Hrn. E. Becquerel.*

(*Compt. rend. T. XLII. p.* 46.)

Bei den gewöhnlichen Elektrisirmaschinen hat man gefunden, dafs die oxydirbaren Amalgame eine stärkere Elektricitäts-Erregung geben als andere Körper, und dadurch ist man zu der Ansicht geführt worden, die chemische Action wirke hiebei mit. Mehre Physiker haben auch dergleichen Apparate im Vacuo und in verschiedenen Gasen angewandt, um den Einfluſs der Luft auf die Elektricitäts-Erregung durch Reibung zu untersuchen. Boyle und Dufay haben beobachtet, dafs diese Erregung eben so gut im Vacuo wie in der Luft geschieht. Wollaston dagegen, der eine kleine Maschine in Luft und in Kohlensäure versetzte und das Glas gegen sehr oxydirbare Amalgame reiben liefs, fand nur eine merkliche Elektricitäts-Erregung, wenn das Reiben in der Luft geschah; und daraus schlofs er, dafs die chemische Wirkung der Luft auf die geriebenen Körper von Einfluſs seyn müsse. Da aber Gay-Lussac und Hr. Péclet zu entgegengesetzten, also ähnlichen Schlüssen wie Boyle und Dufay geführt wurden, so konnte man annehmen, wie es Gay-Lussac auch gethan, dafs Wollaston bei seinen Untersuchungen feuchte Kohlensäure angewandt habe.

Bei den Versuchen, deren Resultate ich mittheilen will, veränderte ich nicht das die Elektrisirmaschine umgebende Mittel, sondern die Natur und den physischen Zustand der Substanzen, die durch ihre Reibung gegen das Glas Elektricität erregen sollten.

Eine Elektrisirmaschine, welche die am Glase und am Reibzeug erregte Elektricität aufzufangen erlaubte, wurde so vorgerichtet, dafs man auf dem Reibzeuge Stücke von Seidenzeug befestigen konnte, an welchen die gegen das Glas zu reibenden gepülverten Körper, je nach ihrer Natur,

[illegible] mittelst etwas Fett adhärirten. Dan[illegible] mit gleichförmiger Geschwindig[illegible] herum und notirte den äufser[illegible] Kugeln, zwischen welchen di[illegible] überschlugen. Diefs Verfahren kann [illegible] Unterschied der durch verschiedene [illegible] Wirkungen zu zeigen. Die Glasscheibe [illegible] Centimet. im Durchmesser und jede [illegible] Centimet.

[illegible]	Maximum der Funkenlänge, in Millimetern.
[illegible]	100 bis 140
[illegible]	70 bis 100
[illegible]	40 bis 50
[illegible]	20 bis 40
[illegible]	Zieml. schwache Wirkungen

[illegible] dafs der Molecularzustand des [illegible] mehr als seine Natur, auf die erzeug[illegible] weil man mit Talk, Mehl oder Gas[illegible] die sich denen des Musivgoldes [illegible] obwohl sie dieselben nicht [illegible]

[illegible] als Luft zu operiren, erlaubte die [illegible] nicht.

[illegible] meines Vaters über die Elek[illegible] durch Reibung wufste man schon, dafs [illegible] die negative Tendenz der Körper er[illegible] Der Zertheilungszustand der Molecule. [illegible] der Reibung. 3) Zunahme der Temperatur. [illegible] oder vielmehr faserige Oberfläche. [illegible] dafs auch weich anzufühlende [illegible] Talk und Graphit energische

Eine Beobachtung endlich, die aus dem Gesichtspunkt der Molecularphysik interessant ist, und nicht nur aus dieser, sondern auch aus einer früheren Abhandlung von mir hervorgeht[1]), ist die: dafs oxydirbare Substanzen, die, wie Zink, Zinn oder deren Verbindungen, bei chemischen Actionen starke elektrische Effecte geben, auch diejenigen sind, welche bei der Reibung die hervorstechendsten Wirkungen darbieten, obwohl sie in diesem Falle in ganz anderer Weise und unabhängig von jenen chemischen Reactionen thätig sind.

XII *Notizen.*

1. *Ozonbildung.* — Wenn zwischen den Stäben des Henley'schen Ausladers ein dünner Platindraht von etwa 5 Centm. Länge ausgespannt und dann der Auslader in den Schliefsungsbogen einer sechszelligen Grove'schen Batterie von gewöhnlicher Gröfse eingeschaltet wird, so wird der Platindraht alsbald weifsglühend. Und wenn ich jetzt die Nase den glühenden Draht entlang führe, so verspüre ich deutlich den Ozon-Geruch, und zwar am positiven Ende, an demjenigen Pole, an welchen im Voltameter Sauerstoff abgeschieden werden würde, bei weitem am deutlichsten. Diese gleichsam auf trocknem Wege erfolgende Ozonbildung ist, meines Wissens, bei der galvanischen Elektricität noch nicht beobachtet. (Aus einem Briefe des Hrn. Prof. Van der Willigen in Deventer.)

2. *Vorkommen des Kryoliths.* — Da hin und wieder, und noch in diesem Heft (S. 489) die Besorgnifs geäufsert worden, dafs der für die Darstellung des Aluminiums jetzt so wichtige Kryolith ausgehen möchte, so dürfte es zeitgemäfs seyn, aus einem Briefe des Hrn. Dr. Krantz in Bonn an Hrn. Professor Heinr. Rose hieselbst die Nachricht mitzutheilen, dafs das Mineral in Evigtok im Arksut Fjord in West-Grönland in einem achtzig Fufs mächtigen Lager vorkommt, welches gegenwärtig ein Hr. Taylor aus London bergmännisch ausbeuten läfst. Ein Schacht, der 40 Fufs tief in reinem Kryolith abgeteuft worden, ergab das bemerkenswerthe Resultat, dafs das Mineral nur

1) *Compt. rend.* 25. *Juni* 1855.

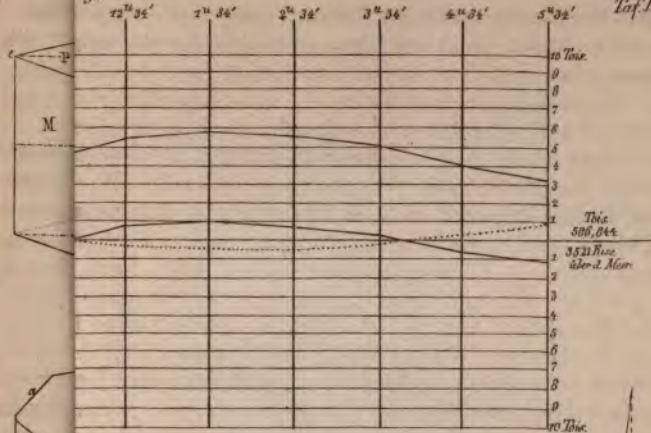
an der Oberfläche weifs vorkommt und mit zunehmender Tiefe eine immer dunklere, fast schwarze Farbe zeigt, die übrigens schon bei sehr schwachem Erhitzen verloren geht.

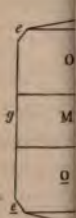
3. *Erscheinung beim Sieden.* — Bei Anstellung des bekannten, zuerst von Löwel angeregten Versuchs, eine in einem Glaskolben der Siedhitze ausgesetzt gewesene concentrirte, bei Luftabschlufs wiederum gehörig abgekühlte und in diesem Zustand nicht krystallisirende Auflösung von Glaubersalz auf verschiedene Weise augenblicklich zum Krystallisiren zu bringen, habe ich — sagt Prof. Rud. Böttger im *Jahresbericht d. physikal. Vereins zu Frankfurt a. M., Jahrg.* 1855 — ein nicht uninteressantes Phänomen zu beobachten Gelegenheit gehabt, das wohl verdient, bekannter zu werden, zumal es sich, wegen der Leichtigkeit seiner Hervorrufung so wie seines höchst instructiven Charakters wegen, in der Lehre von der Wärme zur Anstellung eines recht hübschen Kollegienversuches eignet. Füllt man nämlich ein Glaskölbchen mit etwas langem Halse bis auf etwa drei Viertel seines Raums mit einer concentrirten wäfsrigen Lösung von Glaubersalz, bringt diese über einer einfachen Weingeistlampe in *heftiges* Sieden und erhält sie darin, um jede Spur von atmosphärischer Luft auszutreiben, einige Minuten lang, der Art, dafs ununterbrochen aus dem Halse des Kölbchens ein dichter Dampfstrahl emporsteigt, und verschliefst dann, während dieses stattfindet, recht behende und so schnell wie nur immer möglich den Hals des Kölbchens mit einem zuvor gehörig erweichten, der Oeffnung des Halses wohlangepafsten Korkpfropfen, so sieht man, *selbst nach Entfernung des Kölbchens von der Wärmequelle den Inhalt desselben oft noch nach einer halben, ja nicht selten sogar noch nach einer ganzen Stunde sieden*, d. h. so lange als die Salzlösung heifser ist als die den luftleeren Raum des Kölbchens umschliefsende Glaswandung. Hat endlich das Phänomen des Aufwallens oder Siedens aufgehört, so läfst es sich dennoch von Neuem auf kurze Zeit hervorrufen, sobald man die Wandung des oberen Theils des Kölbchens mit etwas angefeuchtetem Fliefspapier berührt.

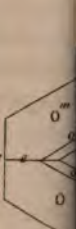
Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

Fig. 7.

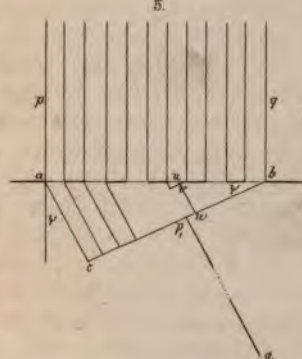
Taf. IV.



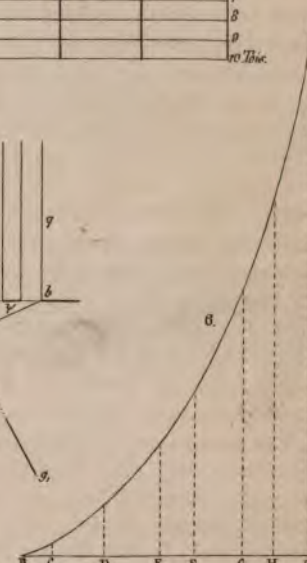


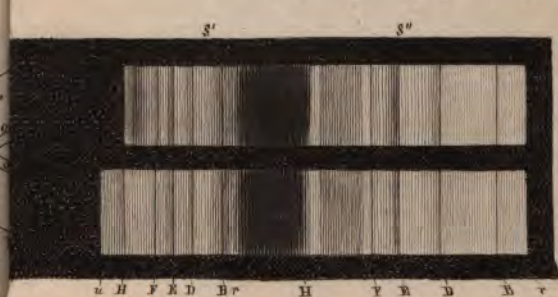


5.

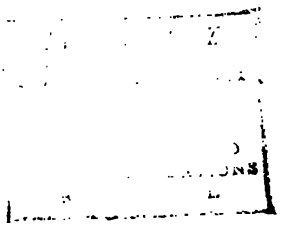


6.





Guinand sc.



1856. ANNALEN No. 8.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XCVIII.

I. *Eine Wellenmessung im Spectrum jenseits des Violetts; von Ernst Esselbach.* [1])

1. Ritter und Wollaston fanden im Jahre 1802 unabhängig von einander, dafs die chemische Wirkung des Sonnenspectrums sich über das Violett hinaus erstrecke, um dieselbe Zeit ungefähr, als Herschel beobachtete, dafs die Wärmewirkung sich über die sichtbare Gränze des Roth hinausdehne. Schon vorher hatte Scheele die chemische Wirkung des Spectrum gröfser im Blau als im Gelb gefunden.

Zwei Jahre später bildete Dr. Young ein System Newton'scher Ringe, welche er vorher als Interferenzerscheinung gedeutet hatte, photographisch auf »mit salzsaurem Silber getränktem Leder« ab, und bewies dadurch, dafs auch das chemisch wirkende Licht eine Wellenbewegung sey.

Es entging ihm hierbei nicht, dafs das chemisch hervorgerufene System der Ringe kleinere Radien habe, wie die entsprechende optische Erscheinung.

Die ersten Photographien des reinen Spectrum (von Becquerel und Gustav Karsten) erhoben es endlich zur hohen Wahrscheinlichkeit, indem sie die inzwischen entdeckten Fraunhofer'schen Linien des Sonnenlichts genau in derselben Ordnung, wie dieselben mit dem Auge gesehen werden, auch der Platte wiedergaben, dafs die

1) Eine vorläufige Anzeige von dieser Untersuchung wurde bereits im December vorigen Jahres der K. Akad. d. Wiss. zu Berlin eingereicht und in deren Sitzung vom 6. December vorgetragen (S. Monatsbericht 1855 S. 757).

optische und chemische Wirkung angeregt werde durch ein und dasselbe System von Aetherwellen, welches Newton nach deren Länge durch das Prisma geordnet hatte.

2. Mit der chemischen Platte indefs die betreffenden Fraunhofer'schen Linien im unsichtbaren Spectrum aufzusuchen, an ihnen durch einen Spalt das fragliche homogene Licht, unter Abblendung des übrigen, herauszuschneiden, und nachdem es zur Interferenz gebracht worden, die Interferenzfigur zu photographiren, war indefs langwierig und unsicher und mochte ein hinreichender Grund dafür seyn, dafs die Messung der Wellenlänge im chemischen Spectrum bis dahin unterblieb.

Der Verfasser fühlt sich verpflichtet den HH. Professoren Listing und Wagner in Göttingen seinen Dank abzustatten für die Hülfe und Geduld, mit der sie seine Bemühungen in dieser Richtung förderten.

Obgleich die Interferenz der Wärmestrahlen viel später als die der chemischen nachgewiesen wurde, so ist diesem bald eine ergiebige Messung der Wellenlängen im Wärmespectrum schon gefolgt; leider ist nur das Resultat dieser Arbeit von Fizeau und Foucault veröffentlicht, und nicht die Methode; so wie auch nicht, ob die angegebenen Zahlen auf feste Linien im Spectrum und also wieder aufzufindende Wellenlängen sich beziehen.

3. Die Messung am chemisch wirksamen Ende ward ermöglicht, als die Entdeckung der Fluorescenz ein Organ an die Hand gab, das unsichtbare Licht sichtbar zu machen, und Helmholtz zeigte, dafs das Ultraviolett sogar unmittelbar mit dem Auge gesehen werden kann, wenn man die Methode der zwei Prismen anwendet (Pogg. Ann. Bd. 94, S. 9); deren Darstellung wir im folgenden Paragraphen von einer Figur (Fig. 1 Taf. V) begleitet wiederholen, da dieselbe nicht wohl bei einer Arbeit mit dem verlängerten Spectrum zu umgehen seyn wird.

Sie ward dankbarer als Stokes zeigte, dafs wenn das Glas am Apparat durch Bergkrystall ersetzt wird, das Sonnenspectrum statt bis *N* bis zur Linie *R* sich ausdehnt,

also ein Ultraviolett von der Länge des Newton'schen Spectrum zu beobachten ist.

Der physiologische Eindruck ist auch in dem Theil des Ultraviolett von *N* bis *R* der desselben »Lavendelgrau« wie zwischen den Linien *L* und *N*. Meistens erscheinen die Linien sehr scharf auf mattem graublauem Grunde; bei geringerer Helligkeit erscheint der Grund glänzend indigblau und bei noch gröfserer Lichtschwäche bisweilen, besonders an den Gränzen des Gesichtsfeldes, in entschiedenem Violett. Dieſs während der Beobachtung oft gesehene Farbenspiel, stimmt ganz mit Helmholtz Erklärung dieser Farbe überein, wonach ihre kurze Wellen theils unmittelbar als wenig intensives Violett, theils durch Vermittelung einer weifsen, grünlich blauen Fluorescenz der Netzhaut percipirt werden [1]).

Hr. Professor Helmholtz gestattete mir seinen Quarzapparat, so wie sein Arbeitszimmer im physiologischen Institut zu Königsberg zu benutzen. In demselben ward zuerst nach der folgenden Methode ein reines Spectrum hergestellt.

4. Ein Heliostat warf einen Sonnenstrahl horizontal in das verdunkelte Zimmer. In demselben waren zwei Prismen *p* und *p'* (Fig. 1 Taf. V) das eine so nahe am Fenster, das andere *p'* so weit entfernt, als die Räumlichkeit zuliefs, aufgestellt. — Das erste Prisma *p* entfaltete den Strahl in ein unreines Spectrum *RVU*, in welchem jede

1) Aus einer Interferenzerscheinung, welche durch Ultraviolett gebildet wird, auf seine Wellenlänge zu schliefsen, ist gestattet, auch wenn die Wahrnehmung des Ultraviolett möglicherweise erst durch Fluorescenz vermittelt würde. — Allerdings erscheinen die Helligkeitsmaxima dann in einer zufälligen, von der fluorescirenden Substanz abhängigen Farbe, deren Wellenlänge gleichfalls eine zufällige ist; da es indefs nur auf den Abstand der Fransen oder der Orte, wo sich die Bewegungen summiren oder aufheben ankommt, und dieser durch die Wellenlänge der Fluorescenz erregenden Strahlen bedingt wird, so ist es gleichgültig, wie sich die Orte der Maxima uns markiren — ob durch gröfsere Intensität, durch eine chemische Wirkung oder endlich, wie es hier vielleicht der Fall ist, durch Erregung eines fremden Leuchtens.

Farbe durch ein breites Lichtbündel vertreten war. Diese gingen mit ihrer Entfernung von p weiter auseinander, so dafs in 2 Fufs Entfernung das in der Mitte noch weifse Farbenbild des Prisma zwei breite Farbenränder zeigte. Stellte man in einen solchen Rand eine von einem grofsen Schirm SS umgebene Gravesand'sche Schneide ein, so ging offenbar entweder der brechbarste oder wenigst brechbare Theil des Spectrums durch die Schneide hindurch, welche von p' aus betrachtet, in diesen Farben leuchtete. p' war vor dem Objectiv eines Theodoliten befestigt und mit einer Kappe von schwarzer Pappe und schwarzem Sammt, welche nur die Ein- und Austrittsfläche freiliefs, umgeben. Schwarze Flügel, S' und S'', derselben bedeckten gleichzeitig das Objectiv gegen seitlich einfallendes Licht.

Im Fernrohr erschien nun der Spalt S durch das Prisma p' als homogenes Spectrum mit scharfen Fraunhofer'schen Linien, in welchem diejenigen Farben besonders intensiv waren, in denen der Spalt vorzugsweise leuchtete. Ging nur äufserst brechbares Ultraviolett des Spectrums RVU durch denselben hindurch, aufserdem aber, was immer der Fall war, Tageslicht, dessen Ultraviolett zu schwach ist um gesehen zu werden, so erschien das Spectrum, wie in Fig. 3 Taf. V. Die Helligkeit von B bis H lieferte das Tageslicht, die von O bis Q das Sonnenlicht, zwischen H und O, so wie jenseit Q war vollständiges Dunkel. (Die Streifen zwischen E und G in Fig. 3 Taf. V haben eine hier irrelevante Bedeutung.) — Es war nämlich SS von dem Prisma p hinreichend weit entfernt, dafs Farben von geringerer Brechbarkeit als O und von gröfserer als Q, obgleich sie in einem beträchtlichen Theil des unreinen Spectrums RVU zu finden waren, doch mit keinem Theil ihrer von p ausgehenden Bündel auf den Spalt, sondern rechts und links von demselben, auf den Schirm SS fielen.

Durch geringe Drehung des Prisma p konnten nun beliebige Theile $U'U''$ des Ultravioletts zum Durchgang durch den Spalt in SS und also im Farbenbilde desselben im Fernrohr zur Erscheinung gebracht werden.

Es ist also in Fig. I Taf. V der Theil zwischen dem Heliostaten und dem Spalt *S S* als Beleuchtungsapparat anzusehen und nur der hinter *S S* liegende Theil als für eventuelle Messungen wesentlich zu betrachten.

5. Ein Versuch statt des zweiten Prisma ein Nobert'sches Gitter vor dem Fernrohr zu befestigen und bei direkter Betrachtung des Spalts mit demselben die Fraunhofer'schen Spectra zu beobachten, zeigte bei ähnlicher sorgfältiger Abblendung des seitlichen Lichts allerdings an jedem dieser Spectra den Fortsatz von Ultraviolett, wenn passende Theile desselben durch den Spalt gingen, sogar mit ausgeprägten Fraunhofer'schen Linien; — allein schon im zweiten Gitter-Spectrum links und rechts war die Linie *N* schwach, das brechbarere Licht als *N* verschwand aufserdem in den farbigen Theilen der nächstfolgenden Spectra, und so mufste zur Messung dieser Wellenlängen eine Methode aufgegeben werden, welche an und für sich gewifs die schönste und unabhängigste ist, deren man sich bedienen kann.

6. Eine Anschauung von dem Intensitätsverhältnifs des Ultraviolett gegen die übrigen Farben des Sonnenspectrums giebt Folgendes. Eine Abänderung des vorigen Versuchs war die, den Ultraviolett durchlassenden Spalt in *S S* 2^{mm} weit zu öffnen und aus gröfserer Nähe mit dem Auge durch beugende Oeffnungen, von dem einfachen Spalt an bis zu einer sehr feinen Theilung auf Glas, zu betrachten. Ein periodisch ungleich getheiltes Gitter, welches die hellsten Fransen geben soll, war nicht vorhanden. — Bei allen angewandten zeigte sich die Helligkeit der ziemlich zahlreichen Fransen des Ultraviolett aus direktem Sonnenlicht um ein Weniges geringer, als die der physiologisch ähnlichen Farbe bei *F* im Spectrum des Tageslichts oder des hellen Himmels in der Nähe der Sonne, dessen Bild mit dieser sichtbaren Farbe auf den Spalt fiel, während ihn das Sonnenbild nur mit seinem ultravioletten Ende erreichte.

Dagegen erschien das Ultraviolett mit dem Auge im Fernrohr direkt gesehen, um ein Weniges heller, aber in

ganz demselben Farbenton, wie wenn man es sich im Focus des Fernrohrs durch Fluorescenz auf einer dünnen Schicht schwefelsaurer Chininlösung, welche zwischen zwei planen Quarzplatten eingeschlossen war, abbilden liefs, und dieses Bild betrachtete.

Das Ultraviolett ward also in der Folge unmittelbar beobachtet.

7. Unter allen Methoden, Lichtwellen durch den Abstand von Interferenzen zu messen, gewährt keine neben der grofsen Genauigkeit, eine so grofse Intensität der Helligkeitsmaxima, wie die durch viele beugende Oeffnungen hervorgerufenen Gitterspectra. — Es war also nach diesem Versuch von allen denjenigen abzusehen, bei welchen zur Ermittelung der Wellenlänge die Helligkeit eines homogenen Strahls auf mehrere Maxima und Minima vertheilt wird.

Folgende Methode umgeht diese Schwierigkeit.

8. Sie gründet sich auf ein von Talbot beobachtetes Phänomen. — Schiebt man, ein Spectrum im Fernrohr betrachtend, ein dünnes Blättchen durchsichtiger Substanz von der Seite des Violett her vor die halbe Pupille, so erscheint das Spectrum in regelmäfsige helle und dunkle Streifen getheilt, welche letztere den Fraunhofer'schen Linien parallel und, abgesehen von ihrer Regelmäfsigkeit, ähnlich sind. Am geeigentsten ist es das Blättchen (ein mikroskopisches Deckblättchen z. B.) vor dem Ocular (Fig. 2 und 5 Taf. V) zu befestigen. Ist seine gerade Kante den Fraunhofer'schen Linien, welche man im Fernrohr sieht, parallel gestellt, so zeigen sich die Talbot'schen Linien wie in Fig. 3 Taf, V zwischen *E* und *G*. — Die Feinheit und, da die hellen und dunklen Räume gleich breit sind, auch die Zahl der dunklen Linien wächst mit der Dicke der Platte allmählich.

9. Die Erscheinung erklärt sich auf folgende Weise: Zahl der Wellenlängen, welche ein Strahl auf einem zurücklegt, ist $= \frac{a}{\lambda}$, wo λ die Länge einer Welle,

welche erstlich nach der Farbe, dann aber auch nach der Geschwindigkeit dieser Farbe in dem Medium, welches der Strahl durchläuft, verschiedene Länge hat. — Wird zuerst die Farbe nicht berücksichtigt, so ist die Wellenlänge in einem Medium vom Brechungsindex n' gleich

$$\lambda' = \frac{\lambda}{n'};$$

wo λ die Wellenlänge derselben Farbe in der Luft bedeutet.

Die Verzögerung R eines Strahls durch eine Platte von der Dicke a gegen einen Strahl, der diese Strecke durch die Luft zurückgelegt hat, ist also:

$$R = \frac{a}{\lambda'} - \frac{a}{\lambda}$$

oder

$$R = \frac{a}{\lambda}(n' - 1) \quad \ldots \quad \text{(I)}^{1}).$$

Sind die beiden Strahlen an Intensität einander gleich, so werden sie, wo sie sich treffen, sich summiren oder aufheben, je nachdem die Verzögerung ein gerades oder ungerades Vielfache der halben Wellenlänge oder Schwingung beträgt. — Auf diese Art wird die eine Hälfte des durch die Pupille gehenden Lichts des leuchtenden Spalts, je nachdem es um $2n\pi$ oder $(2n+1)\pi$ Schwingungen der anderen, durch die optisch dichtere Substanz des Blättchens verzögerten Hälfte vorausgeeilt ist, sich auf der Retina mit dieser zu einem Bilde vereinigen, oder an dem Ort desselben interferiren.

10. Betrachtet man nun, dafs im Spectrum vom Roth nach dem Violett die Wellenlänge continuirlich abnimmt, der Brechungsindex aber continuirlich zunimmt, so ersieht man aus (I), dafs, wenn diese Variationen sich nicht aufheben, sondern die eine derselben im ganzen Spectrum in demselben Sinne die andere überwiegt, der Gangunter-

1) Im Monatsber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin, December 1855, S. 758 ist diese Formel unrichtig abgedruckt worden;

$$\frac{a}{\lambda_1} - \frac{a}{n_1\lambda_1} = m; \quad \text{soll heifsen} \quad \frac{an'}{\lambda_1} - \frac{a}{\gamma_1} = m.$$

schied R auch continuirlich durch gerade und ungerade Multipla der halben Wellenlänge gehen wird.

Ward ein Blättchen von etwa 0,2^{mm} Dicke vors Auge gehalten, so betrug die Zahl der Talbot'schen Linien im Spectrum nahe 100.

Nach Obigem erlöschen nun die Farben, für die die Verzögerung $(2n+1)\pi$ beträgt, und da der Zuwachs von R aufserdem continuirlich und zwar nach dem Violett zu gerichtet ist, für jede folgende Talbot'sche Linie nach dem brechbareren Ende des Spectrum die Verzögerung in der Platte also um eine ganze Schwingung gewachsen ist, so wird, wenn

$$R_x = \frac{a}{\lambda_x}(n_x - 1) = m_x$$

die Verzögerung der Farbe der Fraunhofer'schen Linie x ist, und zwischen dieser und der Linie y p_y^x Streifen gezählt sind, die Verzögerung des Strahls y durch

$$R_y = \frac{a}{\lambda_y}(n_y - 1) = m_x \pm p_y^x \quad \ldots \quad \text{(II)}$$

gegeben seyn, wo das untere Zeichen gilt, wenn y weniger brechbar als x ist. Aus (I) und (II) folgt unmittelbar

$$\lambda_y = \frac{n_y - 1}{\frac{1}{a} \cdot p_y^x + \frac{n_x - 1}{\lambda_x}} \quad \ldots \quad \text{(III)}.$$

Schon Wrede, dann Baden Powell, so wie Fizeau und Foucault, haben diese Streifen durch anderweitige Verzögerungen der einen Hälfte eines weifsen Lichtbündels, welches nachher zum Spectrum entfaltet ward, erhalten. Ich verdanke diesen Hinweis Hrn. Professor Helmholtz. Die Benutzung der Erscheinung zu Messungen, welche auch Stockes vorgeschlagen hat, erfordert indefs eine analytische Erörterung, welche, an die Theorie des Talbot'schen Phänomens von Airy anknüpfend, im ersten Anhang dieser Abhandlung (S. 527) gegeben ist.

11. Als Substanz den Gangunterschied hervorzubringen, ward Bergkrystall gewählt, aus dem ein Blättchen

senkrecht auf die Krystallaxe geschliffen ward; über die Unbequemlichkeiten, welche aus seiner optisch-krystallinischen Structur dem Versuch erwuchsen, überwog die Gelegenheit zur Bestimmung der erforderlichen Brechungsindices der Substanz (welche für die ultravioletten Linien bei jeder Substanz doch erst gesucht werden mufsten) das vorzügliche Prisma des Apparats sofort benutzen zu können, worüber der zweite Anhang (S. 541) Rechenschaft giebt. — Der mittlere Fehler der Brechungsindices beträgt 0,0002; diefs giebt einen Fehler von 0,0000002 in der Wellenlänge.

12. Die Columne p der Tabelle in 15. enthält die Zahl Talbot'scher Streifen, welche zwischen zwei aufeinander folgenden Fraunhofer'schen Linien bei mehreren Zählungen gefunden wurden. Für einen Zählungsfehler in p von 0,5 bis 0,75 war nicht wohl einzustehen, da die Fraunhofer'schen Linien sehr schwer durch die Talbot'schen Interferenzen hindurch zu erkennen sind. Da überdiefs (Anhang I.) das Bild einer jeden Farbenlinie des Spectrums auf der Retina nicht rein geometrisch, sondern zu einer kleinen Beugungsfigur ausgebreitet wiedergegeben wird, so sieht man, dafs die Fraunhofer'schen Linien ganz in den Talbot'schen Streifen aufgehen können; — was denn auch meistens der Fall war und die Zählungen aufserordentlich erschwerte.

Ein verfehlter Bruchtheil bei der Zählung glich sich indefs gegen einen solchen im benachbarten Intervall aus, indem über die Fraunhofer'sche Linie weiter gezählt ward; und so fällt auf ein grofses Intervall der wahrscheinliche Fehler nicht gröfser aus, wie auf ein kleines. — Ein Fehler von 0,5 gab aber einen Fehler bis $0^{mm},000001$ in der Wellenlänge. — Diefs hätte es wünschenswerth gemacht, eine dünnere Platte als die vorhandene zur Verzögerung anzuwenden, bei welcher die Streifen im Spectrum also zahlreicher gewesen wären. — Der Verfasser bedauert, dafs ihn die vorgerückte Jahreszeit und die Nothwendig-

keit seiner Rückkehr in die Heimath hinderten, eine solche anfertigen zu lassen und damit die Versuche zu wiederholen. Er hofft auf die Gelegenheit, jetzt mit der Methode vertraut, dieſs gelegentlich einer Wellenmessung in dem 6 bis 8 Mal so langen Spectrum des elektrischen Kohlenlichts ausführen zu können.

13. Es war endlich die Constante a zu bestimmen. Sie wurde durch Elimination aus (III) gefunden, wenn aufser λ_α noch λ_γ als bekannt vorausgesetzt wurde. — Es ward dieſs Mittel einer mikrometrischen Messung der Plattendicke vorgezogen, da eine Wellenlänge λ_ε (um nicht m_α in der Formel (III) zu haben) ohnehin als bekannt vorausgesetzt werden mufste; und noch fünf zur Controle zurückblieben.

Anstatt die Plattendicke a aus sämmtlichen Linienzählungen im sichtbaren Spectrum in Verbindung mit sämmtlichen zu zweien combinirten Wellenlängen Fraunhofer's nach der Methode der kleinsten Quadrate zu berechnen, erschien es zweckmäfsiger, dafs diejenige Auswahl von zwei Wellenlängen Fraunhofer's getroffen ward, welche substituirt, unsere Wellenlängen für die übrigen fünf sichtbaren Strahlen in möglichster Uebereinstimmung mit den authentischen Fraunhofer'schen Werthen aus der Rechnung hervorgehen liefs.

Lagen die Linien x und y im Spectrum nahe bei einander, so ward ein Fehler in p sehr merklich bei Bestimmung von a. Lag dieser Fehler aber nicht in der Mitte des Spectrum, so ward er nicht eliminirt und so ein fehlerhafteres a erhalten, wie durch unmittelbares Anpassen an die Fraunhofer'schen Zahlen. — Eine kleine Controle der Methode und der hinreichenden Genauigkeit der Zählungen gestattete diese Art dennoch, indem ohne eine solche nicht durch zwei Substitutionen die übrigen fünf Werthe
it den entsprechenden Wellenlängen Fraunhofer's stim-
n konnten.

ie Uebereinstimmung war nun, wenn C_λ und H_λ als
ausgesetzt wurden, so grofs, wie man aus der

Tabelle sieht, dafs die Differenzen noch in die Fehlergränze Fraunhofer's ($0^{mm},0000005$) hineinfallen.

Es ist diefs als ein Zufall zu betrachten, da die der vorliegenden Messung, wie aus den beiden vorhergehenden Paragraphen hervorgeht, also abgesehen von einem Fehler in a, nicht geringer als 0,000002 gesetzt werden kann. Die Plattendicke ergiebt sich aus C und H berechnet zu $0^{mm},195$.

14. Die Wellenlänge λ_x des Ultraviolett wurden aus (III) mit diesem a berechnet, und wurde dabei für x der Strahl H gesetzt. Ebenso wurde die Rechnung zur Controle mit D und N (welches vorher mit $x = H$ berechnet war) für x durchgeführt. — Die geringe Abweichung von den oben erhaltenen Resultaten betrug für $x = D$ $+0,0000001$ constant, für $x = N$ bis $\pm 0,0000003$. — Die angegebenen Wellenlängen sind also der Reinheit des Resultats wegen, sämmtlich mit $x = H$ berechnet.

15. Die erste Columne enthält die Namen der Fig. 4 Taf. V gezeichneten Linien. L bis P sind nach Stokes benannt. — Q ist die Gränzlinie vor einer durchaus von Linien freien Stelle im Spectrum. R liegt in einer noch stärker abgelenkten Gruppe. — Die Helligkeit bei R erschien dem Auge kaum geringer als bei M etwa. Hinter R ward nur einmal im Lauf des Sommers sehr schwach noch eine Linie S gesehen. — Auch die erwähnte Chininschicht im Focus zeigte das Spectrum nur bis zur Linie R. — Weder die Durchsichtigkeit des Quarzes, noch die Empfindlichkeit des Chinins hindern die Wahrnehmung von brechbarerem Licht, wie das elektrische Farbenspectrum zeigt.

Es scheint das Sonnenspectrum also selbst und zwar sehr scharf hier abzubrechen.

	Brechungsindices des ordentlichen Strahls im Quarz.	p.	Wellenlängen nach meinen Messungen, in Millim.	Fraunhofer's Werthe der Wellenlängen.
B	1,5414	7,5 — 7	0,0006874	0,0006878
C	1,5424			0,0006564
D	1,5446	20 — 19 — 19,5	0,0005886	0,0005888
E	1,5476	22,5 — 22 — 23,5	0,0005260	0,0005260
F	1,5500	18,5 — 18,5	0,0004845	0,0004843
G	1,5546	31 — 31 — 31	0,0004287	0,0004291
H	1,5586	24,5 — 25 — 25		0,0003929
L	1,5605	11 — 11	0,0003791	
M	1,5621	11,5 — 11,5	0,0003657	
N	1,5646	14,5 — 15,5 — 15	0,0003498	
O	1,5674	14,5 — 14,5	0,0003360	
P	1,5690	8 — 7,5 — 8	0,0003290	
Q	1,5702	7 — 7	0,0003232	
R	1,5737	18	0,0003091	

16. Die Klarheit der Talbot'schen Streifen nahm im brechbareren Licht beträchtlich ab, so dafs dieselben im Ultraviolett allerdings deutlich, aber doch so schwer zu erkennen waren, dafs sie zwischen *Q* und *R* nicht mehr wie einmal mit Sicherheit gezählt wurden. Einen Grund hiefür deutet §. 26 an, einen andern §. 18. — Auch die Breite und Menge der Fraunhofer'schen Linien erschwerte die Zählung im Ultraviolett. Dieselben verschwanden (12) häufig nicht in dem Talbot'schen System von Interferenzen.

17. Die bekannte grofse Breite und Anzahl Fraunhofer'scher Linien in diesem Theil des Spectrum ist übrigens nicht auffallend, wenn man ein so kleines Intervall von Wellenlängen auf diesen langen Raum ausgebreitet sieht; es mufs dann jede Farbe, also auch jede fehlende, einen breiteren Raum einnehmen, und es werden Linien zur Geltung kommen, welche verschwinden, wenn die Wellenlängen gedrängter stehen. Die geringe Helligkeit vermindert die Irradiation im Ultraviolett aufserdem sehr.

18. Als das Blättchen von Bergkrystall zuerst benutzt wurde, zeigte sich eine merkwürdige Periodicität in der Dunkelheit der Streifen; dieselben verschwanden an etwa

drei gleichweit von einander entfernten Stellen im Spectrum gänzlich und traten zwischen diesen abwechselnd zu gröfster Schärfe anwachsend hervor. — Man wird sich die Erscheinung vergegenwärtigen, wenn man sich zwei regelmäfsige Systeme Talbot'scher Linien von denen das eine auf das Spectrum drei Linien mehr wie das andere zählt, übereinander geschoben denkt. Diefs scheint in diesem Fall wirklich die Ursache gewesen zu seyn. — Wie sich nämlich im Polarisationsapparat herausstellte, war das Blättchen keineswegs senkrecht, sondern schräg gegen die Axe aus dem Krystall geschnitten worden. — Mit der Neigung des Strahls (der hier senkrecht auf die Platte fiel) gegen die Krystallaxe wächst aber der Geschwindigkeitsunterschied der ordentlichen und aufserordentlichen Schwingung desselben rasch; und so bildet der aufserordentlich fortschreitende Strahl mit seinen eigenen Brechungsindices auch sein eigenes Streifensystem. — Es ward nun der aufserordentliche Strahl abgehalten, durch einen Nicol, der so mit dem Blättchen befestigt war, dafs seine Polarisationsebene dem Hauptschnitt des Blättchens parallel lag. — Hierauf verschwand die Periodicität und die Streifen erschienen gleichmäfsig.

Das Spectrum, welches beobachtet wurde, war polarisirt; es war das des an einer Kante von 65° gebrochenen, aufserordentlichen Strahls, das ausgedehnteste und klarste, welches mit dem (§. 29; Fig. 7 Taf. V) zu beschreibenden Prisma, erhalten wurde. — Die einzelnen Farben desselben waren durch die Linsen des Fernrohrs (welche aus Bergkrystall senkrecht auf die Axe geschliffen waren) verschieden stark gedreht. — Bei Anwendung des Nicol lagen also einige Farben in vollständigem Dunkel; diese Stellen des Spectrum wurden sichtbar, wenn man eine Concentrationslinse aus dem Fernrohr herausnahm; es traten dann andere dafür in das Dunkel.

Mit der Neigung eines Strahls gegen die optische Axe im Bergkrystall gehen die beiden circular-polarisirten Strahlen durch die elliptische Schwingungsform in die lineare

über, indem die kleinen Axen der Ellipsen 0 werden, und nur die grofsen, welche bei jeder Excentricität senkrecht auf einander stehen, übrig bleiben. — Der Nicol wird also, wenn er die grofse Axe der mit ordentlicher Geschwindigkeit fortschreitenden elliptischen Schwingung durchläfst, eine kleine Componente (die kleine Axe) des aufserordentlichen Strahls nicht zurückhalten können.

Streng genommen werden also auch bei Anwendung eines möglichst günstig gestellten Nicols noch zwei Systeme Talbot'scher Linien auftreten; indefs nimmt das Axenverhältnifs der elliptischen Schwingung mit der Neigung des Strahls gegen die krystallinische Axe nach Jamin's Messungen sehr rasch ab. Da die Intensität des einen Systems zu der des andern sich aber verhält, wie das Quadrat dieses Axenverhältnisses, so konnte das System des aufserordentlichen Strahls das des ordentlichen an einigen Stellen ein Weniges schwächen; — nicht aber die Linien ihrer Lage und Entfernung nach zweifelhaft machen.

Der Güte eines Freundes, Feddersen, verdanke ich eine nachträgliche genaue Messung der Neigung der Normale auf das Blättchen gegen seine krystallinische Axe. Sie betrug 33½°! — Dieser grofse Fehler beim Schliff desselben kam unsern Messungen indefs zu Gute, indem der Gangunterschied der beiden Strahlen allerdings also sehr grofs war, dagegen das Axenverhältnifs der Ellipsen schon bei 24° 30′ gleich 0,05 wird, so dafs der Nicol den aufserordentlichen Strahl vollständig zurückgehalten haben wird.

19. Die Absorption durch den Kalkspath ist für das Ultraviolett ziemlich unbedeutend. Die Dicke des angewandten Kalkspaths war 8^{mm} und eine Schwächung nur jenseit *O* sehr merklich.

Die Absorption des Glases scheint für das ganze Ultraviolett auch erst bei dieser Dicke zu beginnen: ein bis [illegible] Bullengläser schwächten das Bild jenseits *N* gar nicht, [illegible] schon sehr merklich, bei einem vierten trat [illegible] Dunkel ein. — Eine einzelne Linse, oder [illegible] piegel statt eines Stahlspiegels am Helio-

stat anzuwenden, wird also bei Arbeiten mit Ultraviolett gestattet seyn.

Der gütige, stete Rath und die wirksame Theilnahme, welche Hr. Professor Helmholtz dieser Untersuchung angedeihen liefs, ermöglichte dem Autor dieselbe; — welches diesem unvergefslich bleiben wird.

Anhang I. — Ueber die Anwendbarkeit der Talbot'schen Linien, als Mittel zur Messung optischer Constanten, mit Bezug auf Airy's Theorie derselben.

20. Ein wesentlicher Punkt bei dem in 8. beschriebenen Phänomen ist, dafs wenn das Blättchen die Hälfte der Pupille bedeckt, nach deren Seite das rothe Ende des Spectrum liegt, und die bisher bedeckte jetzt frei ist, die Streifen im Spectrum nicht erscheinen. — Airy erklärt diefs, indem er die Erscheinung vom Standpunkt der Undulationstheorie aus discutirt, sehr fein dadurch, dafs in diesem Fall die Beugung an den Rändern der Pupille die Talbot'schen Streifen aufhebt. Da diefs nun, wie man sehen wird, nicht allein in diesem Fall, sondern unter Umständen auch, wenn die Platte vom Violett hervorgeschoben wird, stattfinden kann, so ist erforderlich zu beweisen, dafs die Beugung weder im Stande sey, neue Minima hervorzurufen, noch die Talbot'schen einander näher oder ferner zu rücken; dafs also die Zahl der zwischen zwei Fraunhofer'schen Linien beobachteten Streifen, p, einen Schlufs nach den Formeln in (9) erlaubt; was die Nutzbarkeit der Streifen für optische Messungen bedingt.

Die Elemente der Diffractionsbilder (aufser der Wellenlänge des Lichts), die Weite des Spalts und sein Abstand vom Schirm, hier also die Weite der Pupille und ihr Abstand von der Retina, verändern sich für verschiedene Stellen im Spectrum beträchtlich, theils wegen der verschiedenen physiologischen Intensität derselben, theils besonders für Ultraviolett wegen der erforderlichen Accommodation des Auges. Beide Variationen würden in gleichem Sinne wirken, während sie der numerischen Berück-

sichtigung unzugänglich sind. Es ergiebt sich, dafs p, wenn überall Streifen im reinen Spectrum auftreten, nur von den bestimmbaren Constanten des Blättchens abhängig ist, die Beugung am Pupillarrand aber nur den Helligkeitsunterschied der Maxima und Minima des Talbot'schen Streifensystems bedingt, welchen sie unter Umständen bis 0 erniedrigt.

21. Damit dieser Beweis dargestellt werden könne, wird es gestattet seyn, kurz das betreffende des Airy'schen Calcüls auszuführen [1]).

Sey ein Theil der Retina, um den Punkt des deutlichsten Sehens herum, so klein, dafs er ohne einen merklichen Fehler zu begehen, als eine Ebene betrachtet werden kann, der Betrachtung unterworfen.

Die Intensität, mit der er das Bild eines Lichtpunktes empfindet, wird eine Function des Schwingungszustandes seyn, in welchem die von dem leuchtenden Punkt ausgehenden Strahlen auf der Netzhaut anlangen. — Um deren Resultante zu bestimmen, kann man nach dem Huyghens'schen Princip die Bewegungen statt vom Lichte selbst, von dem Theil einer Wellenfläche ausgehend annehmen, welche die vom leuchtenden Punkt ausgehenden Strahlen nach dem Durchgang durch die Pupille und die Linse des Auges dicht hinter dieser im Glaskörper bilden (Fig. 5 Taf. V). Diese sey einer gegen die Retina concaven Kugelfläche vom Radius c angehörig. Je nachdem das Auge auf das leuchtende Object accommodirt ist oder nicht, wird der Mittelpunkt der Kugelfläche in der Retina, oder resp. vor oder hinter derselben liegen. Airy behandelt die vorliegende Frage allgemein *Phil. Trans.* 1840. — Da das Phänomen für optische Messungen aber nur anzuwenden ist, wenn die Bilder scharf gesehen werden, so führen wir nur den Fall an, wo das Centrum der Kugelfläche in der Retina liegt; welchen Fall Airy *Phil. Trans.* 1841 besonders discutirt. — Die einzelnen Punkte der Kugelfläche,

1) Vollständig findet sich diese Untersuchung von Airy in diesen Annalen Bd. 53, S. 459 u. 572 und Bd. 58, S. 535.

werden durch die Coordinaten xyz auf ein System rechtwinkliger Axen, welche sich im Mittelpunkt der Kugelfläche schneiden, bezogen. — Ist die Ebene der XY die Horizontalebene, die Axe der x parallel der Sehaxe, so liegt ein Spectrum, parallel der Y-Axe gesehen, mit einem Punkte jeder Farbe in diesem Horizontaldurchschnitt; die Berücksichtigung seiner Ausdehnung, so wie die der Pupille, nach z würden die Formeln also nur durch einen constanten Factor compliciren; — weshalb Airy von vorne herein von z absieht und nur den Durchschnitt, den die Zeichnung darstellt, betrachtet. — (In meiner Zeichnung geht die Y-Axe irrthümlich durch den Scheitel der Wellenfläche; sie soll durch ihr Centrum, in der Retina gehen.)

Die Gleichung des horizontalen Aequators der Kugelwellenfläche, von dem also in Zukunft die Beleuchtung der Retina nur ausgehend betrachtet wird, ist also

$$x^2 + x^2 = c^2.$$

Ferner bestimmt die auf der Y-Axe laufende Coordinate b die Entfernung des Punktes der Retina, dessen Beleuchtung (vorläufig nur durch eine homogene Farbe) gesucht wird, vom Mittelpunkt der Wellenfläche, oder von dem Ort des geometrischen Bildes des leuchtenden Objects.

Die Entfernung ϱ des Punktes (x, y) der Wellenfläche vom Punkte b der Retina ist

$$\varrho = \sqrt{x^2 + (y-b)^2},$$

oder wenn man $c^2 + b^2 = e^2$ setzt

$$\varrho = \sqrt{e^2 - 2by}.$$

Da bei den kleinen Werthen von b und y, die in Betracht kommen, $\frac{b^2y^2}{e^2}$ die Gröfse unter dem Wurzelzeichen nicht wesentlich vergröfsert, so erhält ϱ die noch einfachere Form

$$\varrho = e - \frac{b}{e}y.$$

Die Bewegung des Aethers, welche vom Theilchen δy der Wellenfläche im Punkte b angeregt wird, wird dargestellt durch

$$\delta y \,.\, \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-\varrho)$$

oder

$$\delta y \,.\, \sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt-e+\frac{b}{e}y\right)$$

und entsprechend die, von der ganzen durch die Pupille gegangenen, Welle herrührende, Bewegung des Aethers in diesem Punkt der Retina durch

$$\int_{-h}^{+h}\sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt-e+\frac{b}{e}y\right).\delta y$$

wenn h der Radius der Pupille ist.

Ist ein Theil der Pupille mit einem Glasplättchen bedeckt, in welchem das Licht um R in seiner Phase verzögert wird, so wird für diesen Theil des Lichts die Phase, in der es in b anlangt

$$\sin\left[\frac{2\pi}{\lambda}(vt-\varrho)-R\right];$$

welches, zwischen den Gränzcoordinaten des bedeckten Theils nach y integrirt, die von diesem Theil herrührende Bewegung in b darstellt. — Ist die Glasplatte (deren Kante immer der Z-Axe und den Fraunhofer'schen Linien parallel angenommen wird) von der Seite gerade bis zur Mitte der Pupille vorgeschoben, nach der y und b positiv gezählt werden, so ist die Bewegung in b durch den Ausdruck

$$\int_{-h}^{0}\sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt-e+\frac{b}{e}y\right).\delta y + \int_{0}^{+h}\sin\left[\frac{2\pi}{\gamma}\left(vt-e+\frac{b}{e}y\right)-R\right].\delta y \quad \ldots \quad \text{(IV)}$$

gegeben, was integrirt und umgeformt

$$= -\frac{2\lambda e}{\pi b}\,.\,\sin\frac{\pi b h}{\lambda e}\,.\,\sin\frac{R}{2}\,.\,\cos\left(\frac{\pi b h}{\lambda e}-\frac{R}{2}\right)\times\cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-e)$$
$$+\frac{2\lambda e}{\pi b}\,.\,\sin\frac{\pi b h}{\lambda e}\,.\,\cos\frac{R}{2}\,.\,\cos\left(\frac{\pi b h}{\lambda e}-\frac{R}{2}\right)\times\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-e)$$

ist.

Da die Intensität des Lichts in der Undulationstheorie der Summe der Quadrate der Coëfficienten von

$$\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-e) \text{ und } \cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-e)$$

proportional gesetzt wird, so ist sie hier

$$=\frac{4\lambda^2e^2}{\pi^2b^2}\cdot\sin^2\frac{\pi bh}{\lambda e}\cdot\cos^2\left(\frac{\pi bh}{\lambda e}-\frac{R}{2}\right)$$

oder wenn $\frac{\pi bh}{\lambda e}=w$ gesetzt, und die Constante $4h^2$ weggelassen wird

$$=\left(\frac{\sin w}{w}\right)^2\cdot\cos^2\left(w-\frac{R}{2}\right) \quad \ldots \quad (V).$$

Diese Formel giebt die Helligkeit eines Punktes der Retina, in der Nähe des geometrischen Bildes des betrachteten Lichtpunktes, in Function seines Abstandes b von diesem —, vorausgesetzt, dafs $\frac{h}{\lambda e}$ constant seyen.

Werden die Werthe von

$$\left(\frac{\sin w}{w}\right)^2\cos^2\left(w-\frac{R}{2}\right)$$

nach Art der Fresnel'schen Tabelle, berechnet für von 5 zu 5° wachsende Werthe von w, zunächst $R=0$ gesetzt, und als Ordinaten über W als Abscissen errichtet, so stellt die Curve die Helligkeit um den Ort des geometrischen Bildes (für den b und damit $w=0$ ist) dar. — Dieselbe Curve, mit wachsenden Werthen für R von 60° zu 60°, veranschaulicht eine Zeichnung von Airy, welche man in Fig. 6 Taf. V angelegt findet.

Man sieht, dafs sich mit wachsendem R der Ort der gröfsten Helligkeit vom Ort des geometrischen Bildes nach der positiven Seite hin entfernt, wobei die Intensität derselben sich vermindert auf Kosten des nachrückenden Maximums. — Es ist zu bemerken, dafs R nur von der Platte und der Wellenlänge des Strahls abhängte. — Man sieht ferner hieraus, dafs die Farbe, für welche die Verzögerung $R=(2n+1)\pi$ beträgt, also keineswegs erlischt, wie die rohere Theorie der Talbot'schen Erscheinung angiebt,

sondern nur ihr Licht, statt im Orte ihres geometrischen Bildes, seitlich um diesen vertheilt auftritt.

22. Betrachtet man nun statt eines homogenen Lichtpunkts ein reines Spectrum, dessen Violett nach der positiven Seite hin liegt, so wird dasselbe (wegen der Umkehrung der Bilder) auf der Retina die entgegengesetzte Lage haben. Um die Helligkeit in diesem Spectrum auf der Retina, welches das wahrgenommene ist, darzustellen, werden also die Beugungsbilder der einzelnen homogenen Farben so aufeinander gelegt werden, dafs ihre Centren (für welche b und damit die Abscisse $w=0$), wie im Spectrum neben einander gereiht liegen. — Um das Resultat hiervon zu übersehen, überlege man, dafs R nach dem Violett zu continuirlich wächst (10); und dieses auf der Retina nach der negativen Seite hin liegt. Es wird also, nachdem in der Figur jede untere Curve gegen jede obere nach der negativen Seite hin verschoben worden, die Summation der Ordinaten in der Vertikale die Intensität des Gesammteindruckes geben. — Sind diese Verschiebungen bedeutend genug, d. h. ist der Abstand zweier Farben im Bilde des Spectrum, für welche R um 2π wächst, genau so grofs, wie der Abstand der Beugungsfransen, so übersieht man, dafs die Maxima und Minima benachbarter Farben auf einander fallen, und sich diefs wie eine Kette durch das Bild des Spectrums fortsetzen wird.

Anders verhält es sich, wenn die Verzögerung das durch die andere (negative) Hälfte der Pupille gehende Licht trifft. — Die Formel IV wird in diesem Fall

$$\int_{-h}^{0} \sin\left[\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt-e+\frac{b}{e}y\right)-R\right] + \int_{0}^{+h} \sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt-e+\frac{b}{e}y\right) \quad \ldots \text{(IV')};$$

und der Ausdruck für die Intensität (V) wird damit

$$\left(\frac{\sin w}{w}\right)^2 \cos^2\left(w+\frac{R}{2}\right) \quad \ldots \text{(V')}.$$

Die Intensitätscurven über w als Abscisse für wachsende R sind in diesem Fall das Spiegelbild von Fig. 6 Taf. V; und wenn man diese, da die Lage des Spectrums auf der Netzhaut dieselbe geblieben ist, in gleicher Weise wie im vorigen Fall gegen einander verschiebt und die übereinander stehenden Ordinaten summirt, so ergiebt sich eine gleichmäfsige Helligkeit im ganzen Spectrum. Airy stellt diefs analytisch dar:

Bezieht man die Lage der geometrischen Bilder der Farben auf der Retina durch die Ascisse k auf eine Coordinaten-Linie, welche auf der Retina parallel der Y-Axe verläuft; — ferner die des Punktes der Retina, dessen Beleuchtung gesucht wird, durch die Abscisse l auf dieselbe Axe mit demselben Ausgangspunkt, so wird das schon definirte $b = l - k$; setzt man diesen Werth in die Formel (V) ein, so wird diese

$$\frac{\sin^2\left(\frac{\pi h}{\lambda e}(l-k)\right)}{\left[\frac{\pi h}{\lambda e}(l-k)\right]^2} \cdot \cos^2\left(\frac{\pi h l}{\lambda e} - \frac{\pi h k}{\lambda e} - \frac{R}{2}\right).$$

Man sieht nun, dafs, wenn man in dieser Formel k und zugehörig $\frac{R}{2}$ variiren läfst, während l constant bleibt, und summirt, man die Helligkeit im Punkte l erhält.
Der erste Factor dieses Ausdruckes

$$\frac{\sin^2\left(\frac{\pi h}{\lambda e}(l-k)\right)}{\left[\frac{\pi h}{\lambda e}(l-k)\right]^2}$$

verändert seinen Werth mit k sehr; die Summe dieser Werthe bleibt aber für jedes l nahe gleich, weshalb sie durch eine Constante B ersetzt werden kann. — Ebenso wird der zweite Factor sehr verschiedene Werthe annehmen, wenn $\frac{\pi h}{\lambda e} \cdot k$ und $\frac{R}{2}$ in demselben Sinne variiren (also die Platte vom rothen Ende her vorgeschoben ist); aber auch die Summe dieser Werthe für jeden Ort im Spectrum nahe dieselbe seyn, und mit ihnen die Helligkeit. — Wenn die

Platte vom violetten Ende her vor die Pupille geschoben ist, so dafs mit der Zunahme von k das $\frac{R}{2}$ abnimmt, und zwar für einen Wechsel von $\frac{R}{2}$ um 2π, das k in der entgegengesetzten Richtung um $\frac{\lambda e}{h}$, so bleibt nur

$$B \cdot \cos^2\left(\frac{\pi h l}{\lambda e}\right)$$

als Ausdruck für die Helligkeit übrig, welcher also für wachsende l zwischen 0 bis B oscillirt. — Die Zunahme der Abscisse l, für welche dieselbe Helligkeitsphase wiederkehrt, oder der Abstand der Streifen ist dann $\frac{\lambda e}{h}$; und es scheint also (da Airy nur diesen speciellen Fall discutirt hat, wo die Variationen von $\frac{\pi h k}{\lambda e}$ und $\frac{R}{2}$ sich durchweg aufheben), dafs er durch $\frac{e}{h}$ bedingt sey.

---

23. Um allgemein die Helligkeit zu finden, welche ein Spectrum bei halbbedeckter Pupille, im Punkte l der Retina erzeugt, wird man die Formel VV' nach k zwischen $-\infty$ und $+\infty$ zu integriren haben, nachdem in derselben zuerst $b = l - k$ gesetzt, und $\frac{R}{2}$ als Function von k ausgedrückt worden ist.

$\frac{R}{2}$ ist in den Ausdrücken V und V' von w zu subtrahiren oder zu addiren, je nachdem das Blättchen die positive oder negative Hälfte der Pupille bedeckt; man kann dieſs $\pm$ Zeichen als Vorzeichen des Eigenwerthes von R ansehen und bis §. 22 von diesem absehen.

Es ist dann allgemein für jedes l die Helligkeit

$$J_l = \int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\sin w}{w}\right)^2 \cos^2[w + f(k)] \cdot \delta k \quad \ldots \quad \text{(VI)}.$$

Soll die Verzögerung R einer Farbe als Function der Abscisse k ihres geometrischen Bildes auf der Retina ausgedrückt werden, so wird die lineare Function

$$R = -\varphi \cdot k$$

dafür ausreichen, da nur die l sehr nahe liegenden Farben wegen der geringen Ausdehnung des Beugungsbildes l noch erhellen und also von Einfluſs auf den Werth des Integrals sind, und in einem so kleinen Intervall des Spectrums die Verzögerung der Farben ohne Fehler als gleichmäſsig wachsend angenommen werden kann.

Das Vorzeichen der Function ist negativ, weil die Verzögerung nach dem Violett, auf der Retina also nach der negativen Seite wächst, und zwar unabhängig von dem Vorzeichen von R. — C ist eine Constante, deren Werth wird dagegen mit R positiv und negativ werden unter oben erwähnten Bedingungen.

Der Bequemlichkeit halber sey $C = c \cdot \frac{\pi h}{\lambda e}$, wo dann c eine andere Constante von gleicher Art in Bezug auf das Vorzeichen bedeutet wie C. Hiemit wird.

$$R = -c \cdot \frac{\pi h}{\lambda e} \cdot k; \quad \ldots \quad \text{(VII)}$$

und es hinzuzufügen, daſs wenn $\frac{h}{\lambda e}$ an den verschiedenen Stellen im Spectrum oder durch plötzliche Contraction der Iris auch an derselben Stelle des Spectrum einen andern Werth erhält, c sich entsprechend ändern soll, um dieſs zu compensiren zu steter Erfüllung der Bedingungsgleichung (VII).

Unter Berücksichtigung dieser Bezeichnungen erhält man als ausführlichen Ausdruck für die Helligkeit in l die Gleichung (VI)

$$J = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\sin^2 \frac{\pi h}{\lambda e}(l-k)}{\left[\frac{\pi h}{\lambda e} l - k)\right]^2} \cdot \cos^2 \left(\frac{\pi h}{\lambda e} l - \frac{\pi h}{\lambda e} k - \frac{c}{2} \cdot \frac{\pi h}{\lambda e} \cdot k\right) \cdot \delta k.$$

Wird hierin w wieder eingeführt, indem

$$-\frac{c}{2} \cdot \frac{\pi h}{\lambda e} \cdot k = -\frac{c}{2} \cdot \frac{\pi h}{\lambda e} \cdot l + \frac{c}{2} \cdot w$$

ist, so wird dieselbe

$$J=\int_{-\infty}^{+\infty}\left(\frac{\sin w}{w}\right)^2.\cos^2\left[w\left(1+\frac{c}{2}\right)-\frac{\pi h}{\lambda e}\cdot\frac{c}{2}l\right]\delta w$$

oder da $\cos^2(a-b)=\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\cos 2(a-b)$ ist,

$$J=\tfrac{1}{2}\int_{-\infty}^{+\infty}\left(\frac{\sin w}{w}\right)^2\delta w+\tfrac{1}{2}.\cos\left(\frac{\pi h}{\lambda e}.cl\right)\int_{-\infty}^{+\infty}\left(\frac{\sin w}{w}\right)^2\cos w(2+c)\delta w$$

$$+\tfrac{1}{2}\sin\left(\frac{\pi h}{\lambda e}.cl\right).\int_{-\infty}^{+\infty}\left(\frac{\sin w}{w}\right)^2\sin w(2+c)\delta w.$$

Der Ausdruck unter dem Integralzeichen im letzten Gliede rechter Hand ändert mit der Variablen sein Zeichen; es fällt also, welchen Werth auch c haben möge, dieses Glied fort. Das bestimmte Integral, welches den einen Factor des zweiten Gliedes bildet, löst sich (22.) in eine Constante auf, die nur durch c, nicht aber durch l bestimmt wird. Endlich ist $\int_{-\infty}^{+\infty}\left(\frac{\sin w}{w}\right)^2.\delta w=\pi.$

Es erhält also die Gleichung die sehr einfache Form

$$J=\frac{\pi}{2}+\frac{\text{Const.}}{2}\times\cos\left(\frac{\pi h}{\lambda e}.c.l\right)$$

Erinnert man sich nun, dafs l und k von einander unabhängige Variable sind, welche sich auf dieselbe Coordinatenaxe beziehen und von demselben Punkte aus gezählt worden sind; so kann man jetzt, wo es kein Interesse mehr hat, sie auseinander zu halten, in dieser Formel l mit k vertauschen, womit dann, nach der Formel (VII),

$$J=\frac{\pi}{2}+\frac{\text{Const.}}{2}.\cos R$$

wird. — Aus dieser Formel ist aber zu entnehmen dafs der Abstand der Talbot'schen Streifen allein von R, ihre Helligkeit dagegen von der Constante c abhängt. — Ist die Constante (das noch aufzulösende bestimmte Integral) positiv, so werden die Helligkeitsminima an den Orten der geometrischen Bilder derjenigen Farben stattfinden, für welche $\cos R=-1$ oder $R=(2n+1)\pi$ ist.

Der Abstand der dunklen Streifen, oder zweier so qualificirter Farben in dem Spectrum auf der Retina ist gleich dem Zuwachs der Abscisse l, für den $\frac{\pi h}{\lambda e} . cl$ um 2π wächst, oder

$$= \frac{\lambda e}{h} . \frac{2}{c} .$$

In dem von Airy behandelten Fall war, wie man sieht, $c = 2$.

24. Schreibt man den Zähler in dem Integral

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\sin w}{w}\right)^2 \cos(2+c)w . \delta w ,$$

nämlich

$$\begin{aligned} \sin^2 w . \cos(2+c)w . \delta w &= (\tfrac{1}{2} - \tfrac{1}{2}\cos 2w) . \cos(2+c)w \\ &= \tfrac{1}{2}\cos(2+c)w - \tfrac{1}{4}[\cos(4+c)w + \cos cw] \\ &= -\sin^2\left(1+\frac{c}{2}\right)w + \tfrac{1}{2}\sin^2\left(2+\frac{c}{2}\right)w - \tfrac{1}{2}\sin^2\frac{c}{2}w , \end{aligned}$$

so erhält es die Form

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\sin^2 w}{w^2} . \cos(2+c)w . \delta w = \tfrac{1}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\sin^2\left(2+\frac{c}{2}\right)w}{w^2} \delta w \\ - \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\sin^2\left(1+\frac{c}{2}\right)w}{w^2} \delta w + \tfrac{1}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\sin^2\frac{c}{2}w}{w^2} w , \end{aligned}$$

in welcher es aufgelöst werden kann nach der Formel

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\sin^2(\pm . nw)}{w} = +n \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\sin^2 w}{w^2} ;$$

in der n jede positive Zahl bedeuten kann.

Dieser schematische Ausdruck zeigt, dafs der Werth der Integrale rechter Hand nur durch den arithmetischen Werth der Gröfse u gegeben ist, derselbe mag nun positiv oder negativ seyn; und man sieht, dafs die Summe der Integrale eine verschiedene seyn wird, je nach dem Werth von c. Für jeden positiven Eigenwerth von c (über dessen Vorzeichen die Bestimmung vorbehalten war) ist das Integral

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\sin w}{w}\right)^2 \cos(2+c)w \,.\, \delta w = 0 \,.\, \pi = 0$$

für negative Werthe, und zwar

$$\begin{aligned} 0 > c > -2 \quad & = \tfrac{c}{2} : \pi \\ -2 > c > -4 \quad & = \left(2 - \tfrac{c}{2}\right)\pi \\ -4 > c \quad & = 0 \,.\, \pi = 0; \end{aligned}$$

wo c rechts arithmetisch genommen ist.

Nach VII, ferner nach (IV. IV') und (V. V') bedeutet aber ein positiver Eigenwerth von c oder R, dafs das Blättchen von der negativen Seite, dem rothen Ende des vor dem Auge befindlichen Spectrum her, vor die halbe Pupille geschoben ist.

In diesem Fall ist für jede Abscisse

$$J = \frac{\pi}{2};$$

also im ganzen Spectrum die Helligkeit gleich; — es erscheinen also keine Talbot'sche Linien. Ist c negativ, ist die Platte vom Violett her vorgeschoben, so ist die Helligkeit der Abscisse l, oder jetzt des Orts des geometrischen Bildes einer um R verzögerten Farbe, je nachdem c kleiner als 0 oder -2 oder -4 ist.

$$J = \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2} \cdot \frac{c}{2} \cos R;$$

$$J = \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2} \cdot \left(2 - \frac{c}{2}\right) \cos R;$$

$$J = \frac{\pi}{2};$$

wobei wie erwähnt c rechts in seiner arithmetischen Bedeutung steht. Es werden also Streifen auftreten, deren Abstand nur von R, deren Deutlichkeit von c abhängt. Wird der arithmetische Werth von c jedoch gröfser als 4, so erscheinen sie nicht. Betrachtet man die reelle Bedeutung von $\frac{c}{2}$ bei dem Phänomen, so sieht man, dafs $\frac{c}{2}$ das Verhältnifs der Abscissen-Zunahmen ist, für welche

w, und R um 2π wachsen, oder das Verhältnifs der Entfernungen resp. der Beugungsfransen und der durch den Gangunterschied in der Platte bedingten Streifen (22).

Sind die Abstände der Helligkeitsminima in beiden Interferenzsystemen gleich, ist also diefs Verhältnifs $= 1$ (und $c = 2$), so treten die Streifen am deutlichsten hervor, und unsere Gleichung giebt für diesen Fall, den Airy oben behandelte, auch die gröfsten Elongationen in Bezug auf die Helligkeit.

---

26. Es ward beobachtet, dafs im Ultraviolett, wo die Streifen sehr schwach, also c sehr klein wurde, bei ganz besonderer Anstrengung des Auges, obgleich die Fraunhofer'schen Linien vorher deutlich gesehen waren, die Talbot'schen Linien auf eine mir damals unerklärliche Weise, auf einen Augenblick sehr viel deutlicher wurden, ohne im übrigen, so weit ich beobachtete, ihre Lage zu ändern.

Diefs dürfte also vielleicht auf eine augenblickliche Aenderung der Pupillenweite, welche sich in dem Werth von c kundgab, zu schieben seyn. — Im äufsersten, auch sehr lichtschwachen Roth fiel bei Anwendung derselben Platte die Deutlichkeit der Linien sehr auf.

Nachträglich fand ich im physikalischen Institut zu Kiel eine Gelegenheit in dieser Beziehung einen entscheidenden Versuch anzustellen. — Bei Betrachtung eines ziemlich gedehnten Spectrums im Fernrohr ward von der violetten Seite ein sehr dünnes Glasblättchen vor die halbe Pupille geschoben, wodurch indefs keine Streifen entstanden. Bei Anwendung der doppelten Dicke, indem zwei solcher Blättchen zusammen gelegt wurden, erschienen indefs bei besonderer Accomodationsanstrengung Spuren von auseinanderliegenden breiten Linien. Bei Anwendung der drei-, vier- und fünffachen Blättchen-Dicke trat endlich allmählich das Phänomen in seiner ganzen Schönheit hervor, in dem die Linien eben so sehr schwärzer wurden, als sie dichter zusammen rückten.

27. Den Winkelabstand zweier Talbot'schen Linien erhält man, wenn man die aus §. 30 zu entnehmende Differenz der Ablenkungen zweier Fraunhofer'schen Linien durch die in §. 15 angegebene Zahl der zwischen ihnen beobachteten Talbot'schen Streifen dividirt. — Er ergiebt sich, bei sehr grofsen Schwankungen, hieraus zu einer Minute. Dieſs müſste, wenn wir die Talbot'schen Linien in gröfster Deutlichkeit gesehen hätten, mit dem Abstand der Beugungsinterferenzen auf der Retina übereinstimmen. In der That wird der Winkel eines von Diffractionserscheinungen an den Rändern der Pupille hervorgerufenen Zerstreuungsbildes für Licht von mittlerer Wellenlänge und eine Pupillenweite von 4^{mm} zu 1 Minute angegeben [1]), welches mit unserer Beobachtung stimmt, wenn man den Abstand zweier Streifen dem Durchmesser eines einzelnen gleichsetzt.

Bei kleinster Pupillenweite (2^{mm}) wird der Zerstreuungskreis 2 Minuten; es mufs also, damit Talbot'sche Linien gesehen werden, die Plattendicke so gewählt werden, dafs der Abstand derselben im Spectrum 4 Minuten nicht übersteigt. Eine untere Gränze findet für diesen Winkel wohl kaum statt, da sie wohl mit dem kleinsten wirksamen Gesichtswinkel, dessen Gränze unbestimmt zu seyn scheint, zusammenfällt. Wir haben mit einer gutgeschliffenen Platte von beträchtlicher Dicke eine so feine Streifung beobachtet, dafs die einzelnen Linien schwer als solche erkannt wurden.

Um den mit der Pupillenweite und der Wellenlänge des einfallenden Lichts veränderlichen Abstand der Beugungsfransen auf der Retina direct zu bestimmen, liefs ich ein reines Spectrum auf eine Gravesand'sche Schneide fallen, welche die verschiedenen homogenen Farben ausschied, indem man das Spectrum über den Spalt hinbewegte. Es mufsten nun bei Betrachtung des Spalts, wenn Pupille halb bedeckt war, sich nach Fig. 6 Taf. V ein zwei Bilder desselben zeigen, je nachdem die Ver-

[1]) Encyclopädie der Physik von Gustav Karsten. Bd. IX ik von Helmholtz), S. 145.

zögerung der von demselben durchgelassenen homogenen Farbe in dem Blättchen gerade oder ungerade halbe Wellenlängen betrug. Der Abstand der Bilder in letzterem Fall wäre dann der fragliche gewesen. Da indefs nicht Raum genug war, um zu dieser Beobachtung ein Fernrohr aufzustellen, und das Auge allein, wegen der Schwierigkeit das Blättchen festzustellen, mehr aber noch wegen der monochromatischen Abweichung (oder monokularen Diplogie) wohl als incompetent anzusehen war, so gab der Versuch kein Resultat.

28. Die Theorie gilt nur für den Mittelpunkt der Retina strenge. — Seitlich im Gesichtsfelde verschwanden die Streifen, wie Fig. 3 Taf. V zeigt. Stand das Blättchen vor dem Ocular sorgfältig so eingerichtet, dafs es dasselbe möglichst gerade bis zur Mitte bedeckte, so war die Abnahme der Linien auf beiden Seiten des Fadenkreuzes gleich, und diese Bedingung gab wiederum ein Mittel an, das Blättchen sehr fein auf die Mitte einzustellen. — Bei Bewegungen des Kopfes ward keine Verrückung der Linien beobachtet. — Es wurde übrigens bei der Zählung selbst jede Linie oder Farbe in gleiche Lage gegen das Auge, die Platte und das Fadenkreuz gebracht, dadurch, dafs man das Spectrum das Fadenkreuz passiren liefs und jede Linie einzeln, wann sie durchs Fadenkreuz ging, beobachtete und so zählte. — Diese Methode war sicher, indem beobachtet ward, dafs wenn das Gesichtsfeld etwa 15 Linien seitwärts vom Fadenkreuz zeigte, die äufsersten Linien noch dieselbe Lage gegen die Fraunhofer'schen einnahmen, die sie in der Nähe des Fadenkreuzes gegen diese hatten.

Anhang II. Messung der Brechungsexponenten des ordentlichen Strahls im Quarz.

29. Die Anordnung des Apparats war dieselbe, wie in 4. beschrieben worden, besonders die des Mefsapparats ähnlich, wie diese Einrichtungen in Beer's Optik S. 43 abgebildet sind.

Der Limbus des Theodolithen war von 8 Zoll Durch-

messer, und auf 30′ getheilt; er war mit zwei Nonien versehen, welche, 90° von einander entfernt, jeder nach rechts und nach links eine, also im Ganzen vier Ablesungen gestattete.

Das Fernrohr war von 30^{mm} Oeffnung und 0,5 Meter Länge. — Die Höhe des Prisma war 35^{mm}, die Breite der Seiten AC und BC war 23^{mm}, die der dritten gleichfalls polirten Fläche AB gleich 19,8^{mm}.

Die Winkel des Prisma wurden an einem Reflexionsgoniometer auf 0′,5 genau gefunden

$$A = 65° \ 4'$$
$$B = 65° \ 2',5$$
$$C = 49° \ 53',5.$$

Auf der Ebene, welche den Winkel c halbirt, stand die Krystallaxe EE senkrecht (Fig. 7 Taf. V), so dafs jede homogene Farbe in der Minimalstellung im Prisma parallel der Axe verlief und also ungetheilt heraustrat. Dafs die wesentlichen Fraunhofer'schen Linien in dem an dem Winkel C erhaltenen Spectrum deutlich auftraten, war ein Beweis dafür, und es war also der Schliff der Flächen gegen die Axe sehr genau ausgefallen.

Die dritte Fläche war der ihr gegenüberliegenden Kante und der Axe parallel. An den beiden Winkeln A und B traten je zwei sich zur Hälfte deckende, und wegen der gröfsern Winkel auch etwas gedehnten Spectra auf; dafs diese Spectra in gerader Richtung in und neben einander lagen, war ein Kriterium dafür, dafs die Kanten des Prisma senkrecht auf die Ebene der Brechung gestellt waren.

30. In drei Versuchsreihen an den drei Winkeln des Prisma ward dasselbe für jede Linie ins Minimum gestellt. Da diese häufige Einstellung aber nicht unbeträchtliche Fehler mit sich bringt, wenn die Drehungsaxe des Prisma nicht ; eingeschliffen ist, so konnten die Resultate nicht be- t werden. Es ward daher dasselbe System von Beob- ten nach Rudberg's Methode (Pogg. Ann. Bd. XIV) wobei nur ein Strahl (der Strahl D bei uns) ı gestellt, und bei dieser Stellung des Prisma

die Ablenkung D der Fraunhofer'schen Linien beobachtet wurde, wie folgende Tabelle angiebt. — Der sogenannte Winkel am Spalt ψ, welcher aus der unmittelbar beobachteten Ablenkung D' der Linien und den mit dem Maafsstab gemessenen Entfernungen des Theilungsmittelpunktes vom Spalt $= a$, und vom Prisma am Objectiv $= r$, nach der Formel

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{\sin D'}{\frac{a}{r} - \cos D'}$$

bestimmt ward, ist in die Angaben aufgenommen. Die Messung der Entfernungen a und r war genauer als die Fehler in D' erforderten.

Tabelle der Ablenkungen.

$D=(D'+\psi)$ beobachtet an den Winkeln

	A	*B*	*C*
B	46° 53′,75	46° 54′,5	31° 12′,25
C	47 1	47 0,75	—
D	15	14,5	24,5
E	31,5	35	35,5
F	53,75	48,5	45,5
G	48 24,5	48 21,5	32 0,5
H	50	48,25	16,75
L	—	—	23,5
M	—	—	28,75
N	—	—	42,25
O	49 53,5	49 51,50	51,0
P	50 4,5	50 2,5	57,0
Q	15	11,5	33 2,5
R	—	31,5	16,5

Die Lücken in dieser Tabelle rühren daher, dafs der Theil GH des Spectrums des aufserordentlich gebrochenen Strahls auf den Theil HN des Ultravioletts des ordentlich gebrochenen Strahls fiel; es gelang durchaus nicht das erstere durch einen Nicol so sehr auszulöschen, dafs die Linien des darin liegenden Ultraviolett mit Sicherheit beobachtet werden konnten.

Die hieraus berechneten Brechungsexponenten des ordentlichen Strahls sind:

	Brechungsindices des ordentlichen Strahls im Quarz nach den Ablenkungen an den Winkeln				Nach Rudberg.
	A	*B*	*C*	Mittel	
B	1,5413	1,5416	1,5414	1,5414	1,5409
C	1,5423	1,5425	—	1,5424	1,5418
D	1,5445	1,5447	1,5446	1,5446	1,5442
E	1,5476	1,5478	1,5475	1,5476	1,5471
F	1,5503	1,5498	1,5499	1,5500	1,5496
G	1,5547	1,5546	1,5546	1,5546	1,5542
H	1,5585	1,5585	1,5587	1,5586	1,5582
L	—	—	1,5605	1,5605	
M	—	—	1,5621	1,5621	
N	—	—	1,5646	1,5646	
O	1,5674	1,5676	1,5672	1,5674	
P	1,5691	1,5693	1,5687	1,5690	
Q	1,5705	1,5703	1,5699	1,5702	
R	—	1,5737	1,5737	1,5737	

31. Die gröfste Abweichung in den beiden von Rudberg gegebenen Beobachtungsreihen, deren Mittel hier angegeben ist, beträgt 0,0001. — Man würde also eine Genauigkeit, wie die der von uns vorgelegten Zahlen, wenn auch für einige Fraunhofer'sche Linien das Mittel aus drei Bestimmungen vorliegt, nicht befriedigend finden, wenn nicht die gehäuften Schwierigkeiten einer ersten messenden Arbeit im Ultraviolett diefs vielleicht entschuldigten. Erstlich war nämlich das Fernrohr nicht achromatisch, weil seine Linsen von Bergkrystall seyn mufsten; es ward mit der Hand ausgezogen, welches um so beträchtlichere Verrückungen der Einstellungen mit sich brachte, als das beobachtete Spectrum, noch einmal so lang als das gewöhnliche, auch so viel gröfsere Verschiebungen des Ocularrohrs nöthig machte. — Es war ferner der Theilkreis von mäfsiger Güte (aus Warschau) und nicht fest; — allein hier war es wiederum das Quarz-Fernrohr, welches hinderte sich eines bessern zu bedienen, indem es zu grofs war um in einen der Theilkreise eingelegt werden zu können, welche uns zu benutzen gestattet gewesen wäre.

Bei der Bestimmung der Wellenlängen tritt diese Mangelhaftigkeit hinter den Einfluſs anderer Fehlerquellen zu-

rück; so wie es auch für diesen Zweck nicht in Betracht kam, ob die constante Differenz von 0,0004 zwischen unsern Mittelwerthen und denen Rudberg's in einem unentdeckt gebliebenen constanten Fehler unsererseits oder in einer Verschiedenheit der benutzten Mineralien seinen Grund habe. — Wir führen in Bezug auf letzteres an, dafs Bernard (*Compt. rend. XXXIX*, 573 [1]) Rudberg's Messungen bis auf die letzte (?) Decimale bestätigt; Cavallo, Brewster, Wollaston und Malus aber den Brechungsindex des Bergkrystalls verschieden zwischen den sehr bedeutenden Gränzen 1,575 und 1,547 angeben.

32. Trotz der Lage, welche die Krystallaxe im Prisma einnahm, wären die Hauptbrechungsindices der aufserordentlich gebrochenen Strahlen durch Messungen an demselben zu bestimmen gewesen. Aus einer unveröffentlichten Rechnung des Hrn. Prof. Neumann, welche dem Autor gütigst einzusehen gestattet wurde, geht hervor, dafs die Geschwindigkeit des aufserordentlichen Strahls im Quarz ohne mefsbaren Fehler nach der Methode der kleinsten Ablenkung bestimmt werden kann an beliebig geschnittenen Prismen. Man erhält aus der gewöhnlichen Formel die Geschwindigkeit des Strahls im Prisma, senkrecht auf der Ebene, welche den brechenden Winkel halbirt; und aus welcher also die Hauptgeschwindigkeit zu berechnen ist, wenn man die Neigung dieser Ebene gegen die optische Axe des Krystalls kennt.

Die Reduction der gemessenen Geschwindigkeiten auf die Hauptgeschwindigkeit nach der bekannten Formel

$$v^2 = o^2 \cos^2 \varphi + e^2 \sin^2 \varphi$$

erfordert indefs genauere Werthe für v und o als unsere Versuche ergaben.

Es waren natürlich nur an den Winkeln A und B Beobachtungsreihen zu machen, und da die Resultate aus diesen im Ultraviolett bis 0,001 an einzelnen Stellen von einander abwichen, so sieht man, dafs sie leider nicht

1) Ann. Bd. 97, S. 143. (P.)

geeignet sind, einem Schlufs auf das Dispersionsgesetz des Quarzes untergelegt zu werden.

33. Cauchy's Formel für die Verzögerung eines Strahls im optisch dichteren Medium in Proportion seiner Schwingungsdauer

$$\frac{n_{,,} - n_{,}}{n_{,} - n} = \left(\frac{1}{\lambda_{,,}^2} - \frac{1}{\lambda_{,}^2}\right) : \left(\frac{1}{\lambda_{,}^2} - \frac{1}{\lambda^2}\right)$$

erhält durch die Hinzunahme des Ultravioletts zum Spectrum eine schöne Bestätigung; indem die gleichmäfsige Zunahme des Brechungsindexes bei unverhältnifsmäfsig langsamer Abnahme der Wellenlänge, welche wir im Spectrum beobachteten, in befriedigender Weise wiedergegeben wird.

	$n_{,} - n$	$\left(\frac{1}{\lambda_{,}^2} - \frac{1}{\lambda^2}\right)$ const.
B	10	8
C	22	22
D	30	28
E	24	25
F	46	45
G	40	40
H	19	18
L	16	21
M	25	26
N	28	26
O	16	15
P	12	13
Q	35	34
R		

Es findet sich nur einmal, für das Intervall *LM*, eine Abweichung zwischen der Differenz der Brechungsexponenten und der der reciproken Quadrate der Wellenlängen (welche mittelst eines Factors reducirt sind) — die nicht durch Aenderung des Brechungsindexes innerhalb seiner Fehlergränze zu beseitigen wäre. — Es ist aber zu bemerken, dafs die jeder Substanz eigenthümliche *partielle* Dispersion nicht von der Formel berücksichtigt wird.

II. *Ueber die Krystallform und die isomeren Zustände des Selens, und die Krystallform des Jods; von E. Mitscherlich.*

(Aus den Monatsber. d. Akad Juni 1855.)

Die Krystallform und die isomeren Zustände des Selens.

Die Bestimmung der Krystallform des Selens war schon von besonderer Wichtigkeit, weil die Krystallformen der einfachen Körper für weitere Untersuchungen von Wichtigkeit sind, dann aber vorzüglich, weil das Selen durch seine grofse Aehnlichkeit in seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften mit dem Schwefel zu allgemeinen Resultaten führen kann. Ich habe vergebens versucht die Form des Selens zu bestimmen, welches sich aus einer Lösung des Selenkalium oder Selennatrium, welche man durch Kochen einer Kali- oder Natronlösung mit Selen erhält, krystallinisch ausscheidet, wenn man sie der Luft aussetzt, und des Selens, welches man durch langsames Erkalten bei einer erhöhten Temperatur krystallinisch erhält. Man kann an den Krystallen zwar Flächen erkennen, sie sind aber zu klein und zu wenig ausgebildet, um eine Bestimmung zuzulassen. Kleine Krystalle, welche Trommsdorff aus einer Lösung des Selens in Schwefelkohlenstoff erhalten hatte, und die er mir mittheilte, veranlafsten mich, dieses Auflösungsmittel zu versuchen. Bei 46°,6, dem Kochpunkte des Schwefelkohlenstoffs, lösen 100 Theile 0,1 und bei 0° 0,016 Theile Selen auf; das Selen scheidet sich beim Erkalten theils in dünnen durchsichtigen, rothen, stark glänzenden Blättchen, theils in Körnern aus, die so intensiv gefärbt sind, dafs sie undurchsichtig und fast schwarz erscheinen; dünne Splitter derselben zeigen die Durchsichtigkeit und die Farbe der Blättchen. Die gröfsten Krystalle bildeten sich, wenn ich Schwefelkohlenstoff mit Selen, wie man es durch Reduction der

selenigen Säure durch schweflige Säure bei der gewöhnlichen Temperatur erhält, in einem sehr starken Glaskolben, welcher zugeschmolzen wurde, längere Zeit hindurch abwechselnd einer Temperatur die etwas niedriger war, als die des kochenden Wassers und der gewöhnlichen aussetzte; ihre Gröfse betrug jedoch kaum 1^{mm}, die Flächen waren jedoch gut ausgebildet, aber nur mit der Lupe zu erkennen; die Neigung derselben konnte mit dem Reflexionsgoniometer bestimmt werden; bei der grofsen Anzahl von secundären Flächen war ihr Verhältnifs zu einander nur mit der gröfsten Schwierigkeit zu ermitteln. Bei den Blättchen war nur die Fläche *P* gröfser ausgebildet. Diese Krystalle verflüchtigten sich vollständig und lösten sich ohne Rückstand mit rauchender Salpetersäure oxydirt auf; ihre Lösung gab mit Barytsalzen keinen Niederschlag. Schwefelkohlenstoff, in welchem Schwefel gelöst worden war, löste beim Kochen nicht mehr Selen auf, als ohne denselben und aus der Lösung schieden sich beim Erkalten Selenkrystalle von der gewöhnlichen Form aus, die keine Spur von Schwefel enthielten.

Die Form dieser Selenkrystalle ist ein schiefes rhombisches Prisma *PM* (Fig. 8 Taf. IV), mit den Seitenflächen $2m$, h und g, mit dem schiefen Rhomben-Octaëder OU und den vordern schiefen Rhomben-Octaëderflächen $o2$ und dem hinteren $\frac{3}{3}$. und dem geneigten Prisma $\frac{2}{2}$.

Die Fläche *P* ist bei den Blättchen sehr vorherrschend, die Flächen *M* kommen sehr selten vor; fast stets beobachtet man das schiefe Rhomben-Octaëder OU und die Seitenflächen $2m$. Statt des schiefen rhombischen Prismas könnte man daher eben so gut, ein schiefes rhombisches Octaëder als Hauptform annehmen (Fig. 9 Taf. IV). Am genauesten war die Neigung von $P:h$, von $P:U$ und $2m:2m'$ zu bestimmen; sie betrug nach einem Mittel mehrerer Messungen 104° 6′, 112° 36′ und 103° 40′ und darnach sind die Dimensionen der Form und die Neigung der Flächen gegen einander berechnet, nachdem ihr Verhältnifs zu einander sowohl durch den Parallelismus der Kanten als auch

durch die Bestimmung ihrer Neigungen vermittelst des Goniometers ermittelt worden war.

Die Linie *a* verhält sich zur Linie *b* wie 1 : 0,63615 und zur Linie *c*, also zur Höhe des Prisma wie 1 : 0,9921 und die Linie *c* zur Linie *d*, also zur Höhe der geneigten Fläche wie 0,9921 : 0,2512, welches so nahe wie 4 : 1 ist, dafs bei dieser Form, wie bei vielen anderen ein einfaches Verhältnifs sehr wahrscheinlich ist. (Fig. 10, 11 und 12 Taf. IV.)

$M : M'$	= 64° 56′	$o2 : o'2$	= 54° 13′
$2m : 2m'$	= 103 40	$o2 : O$	= 161 26
$2m : h$	= 141 50	$o2 : g$	= 152 53½
$M : g$	= 147 32	$\frac{c}{2} : \frac{c}{2}$	= 105 48
$g : h$	= 90	$\frac{c}{2} : P$	= 142 54
$P : h$	= 104 6	$U : U'$	= 77 12
$P : g$	= 90	$U : g$	= 141 24
$P : 2m$	= 101 2½	$U : h'$	= 111 48
$P : M$	= 97 57	$O' : U$	= 124 19
$P : O$	= 124 48	$3u^3 : 3u^3$	= 123 31
$P : U$	= 112 36	$3u^3 : h'$	= 145 48
$O : U'$	= 122 36	$U : 3u^3$	= 146
$O : O'$	= 91 21	$i : h'$	= 126 32
$O : g$	= 134 20	$a : h$	= 141 11½
$O : h$	= 123 53	$i^3 : h'$	= 159 51

Die Krystalle lösen sich leicht in der nöthigen Menge kochenden Schwefelkohlenstoffs auf, welcher davon sogleich roth gefärbt erscheint; mit Wasser gekocht, also bei einer Temperatur von 100°, verlieren sie diese Eigenschaft auch nicht, auch behalten sie ihre Farbe; erhitzt man sie aber allmählich stärker, etwa bis 150°, so verlieren sie ihre helle Farbe und werden so dunkel, dafs sie fast schwarz erscheinen und sind vollkommen unlöslich in Schwefelkohlenstoff; wie lange man ihn auch damit kochen mag, er bleibt vollkommen farblos und läfst beim Verdampfen keinen Rückstand. Schmelzt man die veränderten Krystalle und läfst das Geschmolzene rasch erkalten, so löst es sich vollständig in Schwefelkohlenstoff auf.

Das specifische Gewicht der Krystalle vor dem Erwärmen betrug 4,46 bis 4,509 bei 15°, nach dem Erwärmen, wobei sie nichts verloren, 4,7. Die Bestimmungen wurden vermittelst Alkohol und nur mit einer kleinen Menge (2 Grm.) gemacht und die erhitzten Krystalle, um jede Veränderung zu vermeiden, nicht gepülvert; sie haben unstreitig dasselbe specifische Gewicht wie das krystallische körnige Selen, welches Schaffgotsch mit so grofser Genauigkeit bestimmt und zu 4,801 gefunden hat (Pogg. Ann. Bd. 90, S. 66); durch kleine Höhlungen, welche in den umgeänderten Krystallen sich bilden mufsten, läfst sich das gefundene etwas geringere specifische Gewicht erklären. Das specifische Gewicht des aus einer Auflösung von Selennatrium krystallinisch ausgeschiedenen Selens betrug 4,760 bis 4,788 bei 15°.

Hittorff hat die schöne Beobachtung gemacht (Pogg. Ann. Bd. 84, S. 214), dafs wenn man das Selen im amorphen Zustand, aus seleniger Säure reducirt, oder gepülvertes glasiges nur bis 90° erhitzt, es rasch krystallinisch wird, und eine Temperatur-Erhöhung von mehr als 30° dabei stattfindet, also ganz so wie Regnault es zuerst beim rasch abgekühlten Schwefel fand. Beim Selen kann man das Krystallisiren und die Wärmeentwickelung am schönsten beobachten, wenn man gröfsere Mengen in einem Kolben schmelzt und bis über 217° erhitzt, dann schnell um 30° bis 40° unter dieser Temperatur erkalten läfst und bei dieser Temperatur eine Zeitlang erhält; am zweckmäfsigsten in einem Luftbade, wozu man den bekannten kupfernen Cylinder verwendet, in dessen Deckel der Kolben mit einem Kork befestigt wird und den man mit einer Spirituslampe bei einer constanten Temperatur erhalten kann. Die Temperatur des Selens steigt alsdann sehr bald um 30° und mehr und die ganze Masse wird krystallinisch

l enthält durch die starke dabei statt findende
ung Höhlungen mit Krystallen. Dadurch also,
eit die nöthige Zeit gelassen wird, dafs
Krystallen ordnen können, ist das Kry-

stallisiren möglich; je zäher eine Flüssigkeit, je weniger beweglich also ihre Theile sind, desto mehr Zeit ist dazu erforderlich. Häufig kommen Fälle nicht vor, dafs die Krystallisationskraft auf andere Kräfte wie auf die chemische Verwandtschaftskraft modificirend wirkt: ich habe schon früher das Bleioxydhydrat und weifse Roheisen als ein Paar schöne Beispiele angeführt; fällt man ein Bleisalz mit einer Natronlösung, so scheidet sich Bleioxydhydrat, als weifses amorphes Pulver aus, löst man es in einem Ueberschufs einer Natronlösung, so krystallisirt beim längeren Stehen Bleioxyd wasserfrei in gelben und rothen Krystallen heraus; im letzteren Falle war also die nöthige Zeit vorhanden, dafs die Bleioxydatome zu Krystallen sich an einander legen konnten und dadurch konnte die Krystallisationskraft die chemische Verwandtschaft zwischen Bleioxyd und Wasser aufheben. Kühlt man das flüssige Roheisen, welches 5,3 Proc. Kohle enthält, rasch ab, indem man es in Wasser fliefsen läfst, so löst es sich in Salzsäure ohne Rückstand auf; läfst man die flüssige Masse langsam erkalten, so ist hinreichend Zeit vorhanden, dafs die Krystallisationskraft der Kohle thätig werden, und diese als Graphit krystallisiren kann, indem die chemische Verbindung dadurch getrennt wird; beim Auflösen in Säuren bleibt der Graphit in Krystallen zurück.

Das krystallinisch körnige Selen, welches man auf diese Weise erhält, ist in Schwefelkohlenstoff unlöslich, während das rasch erkaltete darin löslich ist; es hat in diesem Fall also nicht allein ein Krystallisiren statt gefunden, sondern es ist dadurch ein anderer Körper, ein allotropes Selen entstanden.

Erhitzt man das aus Schwefelkohlenstoff krystallisirte Selen rasch, indem man es in einen kleinen Platintiegel schüttet und diesen in ein bis 200° erwärmtes Luftbad aufhängt, so schmelzen die Krystalle und geben beim raschen Erkalten eine glasige Masse; das krystallinisch körnige Selen und das aus Selenkalium krystallisirte Selen verändern sich nicht, wenn sie auf dieselbe Weise erhitzt

werden; das krystallinisch körnige Selen schmilzt erst jenseits 200°, nach Hittorff bei 217°.

Das in Schwefelkohlenstoff unlösliche Selen hat eine viel dunklere Farbe als das lösliche, selbst wenn man es zu einem ziemlich feinen Pulver zerreibt, oder einen Strich damit auf unglasirtes gebranntes Porzellan macht; das ganz feine Pulver jedoch, z. B. ein Strich auf Pergament gemacht, erscheint, welches Selen man nehmen mag, ganz von gleicher Farbe.

Glasiges Selen, welches viele Jahre aufbewahrt worden war, ist ganz unverändert geblieben, nimmt also nicht wie die glasige arsenige Säure einen krystallinischen Zustand an.

Uebergiefst man amorphes Selen, welches man durch Reduction der selenigen Säure vermittelst schwefliger Säure erhalten hat, mit Schwefelkohlenstoff, so wird es nach einigen Wochen vollständig in krystallinisches Selen umgeändert, woran die Form sich nicht bestimmen läfst, welches aber vollständig in Schwefelkohlenstoff löslich ist. Es ist keine seltene Erscheinung, dafs amorphe Pulver in gewissen Flüssigkeiten sich in krystallinische umändern, selbst wenn an eine theilweise Lösung, also an ein successives Lösen und Krystallisiren nicht gedacht werden kann; in der Regel ist aber das Letztere der Grund dieser Veränderung. Am deutlichsten kann man diese beiden Arten von Umänderungen bei der von Frankenheim zuerst beobachteten Veränderung der rhomboëdrischen Krystalle des Salpeters in die prismatischen unter dem Mikroskop studiren; indem zuerst in einem Tropfen der Salpeterlösung sich in der Flüssigkeit gewöhnlich am Rande Rhomboëder bilden und nachher einzelne Prismen entstehen; wenn die Rhomboëder nicht von diesen berührt werden, so lösen sie sich schnell auf, und die Prismen vergröfsern d vermehren sich und zuletzt sind nur noch diese vor- en. Berührt dagegen der prismatische Krystall ein der, so findet von dem Berührungspunkt die Um- r Rhomboëder, die sich berühren, sehr schnell nn sie jedoch mit dem Auge verfolgen und

sich überzeugen, dafs jedes Rhomboëder, ohne sich zu lösen, in eine Gruppe von vielen Prismen, mit Beibehaltung der äufseren Umrisse des Rhomboëders sich umändert.

Schwefelkohlenstoff in Berührung mit glasigem Selen ändert dieses nicht in krystallinisches um, wie es beim Schwefel die schiefen rhombischen Prismen in Rhomben-Octaëder umändert; verschafft man sich glasiges Selen in Körnern dadurch, dafs man flüssiges Selen in Wasser gieſst, und läfst es einige Wochen mit Schwefelkohlenstoff in einem verschlossenen Gefäfs stehen, so löst sich vom glasigen Selen auf, und das Gelöste setzt sich in kleinen Krystallen mit glänzenden Flächen auf die Körner ab; in diesem Fall findet also ein successives Lösen und Krystallisiren statt.

Aus den angeführten Thatsachen folgt, dafs das krystallinisch körnige Selen und das aus der Selenkalium- oder Selennatriumlösung krystallisirte Selen identisch sind, und wesentlich verschieden von dem aus Schwefelkohlenstoff krystallisirten. Das Selen in diesen beiden verschiedenen Zuständen verhält sich wie der Schwefel in der Form des schiefen rhombischen Prismas und in der des Rhomben-Octaëders; das Selen zeigt jedoch ein viel gröfseres Beharren (Stabilität) in seinen beiden Zuständen, die man entschieden als isomere oder allotrope anzusehen hat. Von diesen unterscheidet sich das Selen als Pulver oder glasige Masse durch seinen amorphen Zustand; als amorpher Körper gehört es jedoch wohl dem aus Schwefelkohlenstoff krystallisirten Selen zu.

Die Krystallform des Jods.

Das Jod erhält man durch Sublimation, durch Schmelzen und aus verschiedenen Lösungen in bestimmbaren Krystallen; es hat stets dieselbe Form und zeigt nichts von ungewöhnlichen interessanten Erscheinungen, die man beim Schwefel, Selen und Phosphor beobachtet. Durch Sublimation erhält man es in sehr schönen Krystallen, wenn man einen Kolben oder ein langes weites Rohr in ein

schwach erwärmtes Sandbad etwa von 50° herstellt; beim raschen Sublimiren bilden sich zu dünne Krystalle. Aus einer Lösung des Jods in wässeriger Jodwasserstoffsäure erhält man es in sehr grofsen Krystallen, wenn man sie in einer offenen Flasche längere Zeit hinstellt, in dem Verhältnifs wie der Sauerstoff der Luft sich mit dem Wasserstoff verbindet, scheidet sich das Jod und zwar so langsam aus, dafs sich nur einige grofse Krystalle bilden. Läfst man eine Lösung von Jod in Alkohol verdampfen, so erhält man nur kleine Krystalle. Das flüssige Jod krystallisirt sehr leicht beim Erkalten und man erhält es auf dieselbe Weise in bestimmbaren Krystallen wie den Schwefel. Die Form der Jodkrystalle ist von Wollaston und Marchand angegeben aber nicht genau bestimmt; ich habe mir so gut ausgebildete Krystalle darzustellen gesucht, dafs ich sie mit dem Reflexionsgoniometer messen konnte.

Die Krystallform des Jods ist ein Rhomben-Octaëder *O* (Taf. IV Fig. 13) mit den Seitenflächen *M*, *g* und der Endfläche *P* des dazu gehörenden Prismas und den Flächen der Rhomben-Octaëder: 30, $^{3}_{2}{}^{0}$ $^{0}_{9}$. Bei den sublimirten Krystallen ist entweder die Fläche *P* oder die Fläche *g* so stark ausgebildet, dafs sie dadurch als platte rhombische Tafeln erscheinen; zuweilen hat sich die eine Tafel auf der andern so ausgebildet, dafs die Flächen der einen, den entsprechenden der anderen parallel sind (Taf. IV Fig. 14, 15, 16). Dieselbe Ausbildung findet bei den Krystallen statt, welche man durch Schmelzen erhält; diese sind zwar grofs, haben aber selten gut ausgebildete Flächen. Bei den Krystallen, die beim Verdampfen einer alkoholischen Lösung sich bilden, sind die Flächen *O* in der Regel vorherrschend, die Flächen *g* und *P* sind vorhanden aber wenig ausgebildet; zuweilen sind die Flächen 3*o* gröfser als die Flächen *O*. Aus einer Lösung von Jod in wässeriger Jodwasserstoffsäure erhielt ich Krystalle, bei denen die Flächen $^{3}_{2}{}^{0}$ so ausgebildet waren, dafs *P* gar nicht

vorhanden war und O und g nur sehr klein erschienen. Die Flächen M und $\frac{0}{9}$ kommen nur sehr selten vor.

Am besten waren die sublimirten Krystalle zu bestimmen, in der Luft verdampft von den Flächen das Jod aber so schnell, dafs eine genaue Einstellung für das gröfsere Goniometer unmöglich war; ihre Neigung mufste daher mit einem kleinen Reflexionsgoniometer bestimmt werden. Als Mittel von mehreren Messungen ergab sich für die Neigung von $O:O'$ und von $O:O''$ 118° 18′ und 135° 52′. Das Verhältnifs der Flächen gegen einander ist sowohl durch das Reflexionsgoniometer, als durch den Parallelismus der Kanten ermittelt worden, und die Dimensionen und die Neigung der Flächen und Kanten sind aus dem angegebenen Winkel und diesem Verhältnifs berechnet.

Die Linie c, a, b oder die Länge, Höhe und Breite des Octaëders verhalten sich wie 1 : 2,055 : 1,505 (Fig. 17 u. 18 Taf. IV.)

$O:O'$	= 118°	18′	$3o:3o'$	= 157°	29′
$O:g$	= 125	51	$3o:g$	= 101	15½
$g:P$	= 90		$3o:O$	= 160	22½
$O:O''$	= 44	8	$3o:3o$	= 129	10
$O:\bar{O}$	= 135	52	$3o:P$	= 115	15
$O:\bar{P}$	= 112	4	$\frac{3o}{2}:\frac{3o''}{2}$	= 87	5
$M:P$	= 90		$\frac{3o}{2}:P$	= 133	32½
$M:M$	= 112	48	$\frac{3o}{2}:\frac{3o}{2}$	= 92	55
$M:g$	= 123	36	$\frac{3o}{2}:\frac{3o'}{2}$	= 161	58
$a:a'$	= 51	54	$\frac{3o}{2}:g$	= 99	1
$a:\bar{a}$	= 128	6	$\frac{o}{9}:\frac{o''}{9}$	= 149	21
$e:\bar{e}'$	= 72	27	$\frac{o}{9}:P$	= 164	40
$e:g$	= 143	57	$\frac{o}{9}:\frac{o'''}{9}$	= 154	34

Die Krystallform des Phosphors.

Die Krystallform des gewöhnlichen Phosphors habe ich schon früher beschrieben; sie ist ein reguläres Dodecaëder; dieselbe Form erhält man, wenn man gröfsere Mengen von flüssigem Phosphor erkalten läfst, und dabei wie beim

Schwefel verfährt. Der auf gewöhnliche Weise also der sehr schnell erkaltete Phosphor ist glasartig auf dem Bruch und ohne krystallinisches Gefüge; nach einiger Zeit erleidet er, wie die glasige arsenige Säure von Aufsen nach Innen eine Veränderung, indem er sich in eine weifse undurchsichtige Masse umändert, von welcher Rose gezeigt hat, dafs sie aus reinem Phosphor besteht; an dieser Kruste habe ich nie deutliche Krystalle entdecken können, und ich wage nicht zu bestimmen, ob diese Umänderung stets darauf beruhe, dafs glasartiger amorpher Phosphor krystallinisch wird oder auch darauf, dafs der Phosphor eine andere Krystallform annimmt; nur zuweilen beim Schmelzen gröfserer Mengen habe ich Phosphor mit krystallinischer Structur erhalten.

Sehr schöne Phosphorkrystalle erhält man, wenn man Phosphor in einem luftleeren Rohr oder einem Rohr, welches mit einer Gasart, in welcher der Phosphor sich nicht oxydiren kann, gefüllt ist, dem Sonnenlichte aussetzt; der Phosphor verflüchtigt sich durch Sonnenwärme leicht von einer Stelle zur andern und setzt sich an die kälteren Theile des Rohrs in kleinen Krystallen an, die sehr gut spiegelnde und glänzende Flächen zeigen; die aber, weil man sie nicht herausnehmen kann, sich nicht messen lassen. Nie habe ich beim Verflüchtigen des Phosphors durch dunkle Wärme in solchen Röhren die geringste Spur eines Leuchtens bemerkt, so dafs Sauerstoffgas eine nothwendige Bedingung ist, damit der Phosphor leuchte. Die sublimirten kleinen Krystalle sind farblos und durchsichtig, färben sich aber im Sonnenlichte sehr bald roth ohne ihre Form zu ändern, in der Regel ist es nur die äufserste Schicht, die sich umändert. Die Krystalle sind also nicht krystallisirter rother Phosphor; ich habe diesen nie krystallisirt erhalten können und grofse Stücke desselben, die ich dem Entdecker der Natur dieses Körpers, Schrötter, verdanke, zeigen keine Spur von krystallinischem Gefüge. Die Umänderung des gewöhnlichen Phosphors in rothen kann man sehr gut verfolgen, wenn man Phosphor nahe bei sei-

nem Kochpunkt in einem Reagenzglase erhitzt; es scheiden sich zuerst kleine Mengen des rothen Phosphors aus, die in dem flüssigen schwimmen: der flüssige scheint seine Farbe nicht zu verändern und der röthliche Schein, welchen er zeigt, rührt von dem beigemengten rothen Phosphor her, bald wird er trübe und ganz undurchsichtig; selbst bei Anwendung gröfserer Mengen erhält man, nachdem man mit Schwefelkohlenstoff den gewöhnlichen Phosphor weggenommen hat, nur so kleine Körner, dafs man eine Form mit der stärksten Vergröfserung unter dem Mikroskop nicht daran erkennen kann, sie sind mit rother Farbe durchscheinend; der rothe Phosphor scheint sich in dem flüssigen nicht aufzulösen; man kann diesen mit Stücken von rothem Phosphor kochen, ohne dafs diese sich verändern, der rothe Phosphor ändert sich erst jenseits des Kochpunkts des gewöhnlichen in diesen um, und nimmt gasförmigen Zustand an, ohne zu schmelzen. Auch rother Phosphor, den ich durch eine unvollständige Verbrennung des Phosphor unter Wasser oder in der Luft, mir verschaffte, und den man früher für Phosphoroxyd hielt, war nie krystallinisch. Man erhält ihn am leichtesten, wenn man in einer grofsen irdenen Schale ein Stückchen Phosphor nach dem andern entzündet und den Phosphor bis die Verbrennung jedes Stückes aufgehört hat, in der Schale herumfliefsen läfst; den Rückstand zieht man abwechselnd mit Schwefelkohlenstoff und Alkohol und mit Wasser aus; destillirt, bei Ausschlufs von Sauerstoff, hinterläfst er keinen Rückstand, also keine Phosphorsäure, er ist also reiner Phosphor, wie dieses auch aus den Versuchen von Schrötter folgt.

III. *Versuch zur Begründung einer möglichst einfachen Theorie und Erklärung der Kreiselbewegung;* von Hermann Tellkampf,

Ingenieur bei der Königl. Hannöver'schen Eisenbahn-Direction.

Die Bewegung eines gewöhnlichen Kreisels ist eine Zusammensetzung aus verschiedenen Drehbewegungen, die einander gegenseitig und fortwährend stören, wodurch ihre Betrachtung unvermeidlich zu einer ziemlich schwierigen wird. Man findet die Theorie des Kreisels zunächst in Leonhard Eulers *Theoria motus corporum solidorum* (§. 764 bis 784) behandelt; aber die dort gegebenen Entwickelungen sind schwer verständlich und die erlangten Resultate wenig befriedigend. Werthvoller ist eine neuere Abhandlung des holländischen Gelehrten Dr. F. J. Stamkart über die Kreiselbewegung, wovon Poggendorff's Annalen von 1854 (Bd. 91) einen kurzen Auszug enthalten. Doch gelangt man auch hier durch den Gang der Betrachtung und ihre Ergebnisse nicht zu einer klaren Einsicht in die Natur und die eigenthümlichen Erscheinungen der Kreiselbewegung.

Das allgemeine Problem der Bewegung eines festen Körpers, der zugleich um eine Axe rotirt und nebst dieser Axe um einen Punkt derselben sich dreht, ist von C. G. J. Jacobi in Crelle's Journal der Mathematik (1850, Bd. 39) und dasselbe Problem unter der Voraussetzung, dafs während dieser Bewegung auch noch beschleunigende Kräfte darauf einwirken, von Dr. Lottner in Grunert's Archiv (1854, Bd. 23) behandelt; an beiden Orten mit Hülfe der elliptischen Functionen und einer ungemein schwierigen und weitläufigen Rechnung, deren Resultate aber nicht von der Art sind, dafs sie zu einfachen Schlufsfolgerungen über die Eigenthümlichkeit der Kreiselbewegung führten.

Unter diesen Umständen mag der Versuch gerechtfertigt erscheinen, jene Bewegung in abweichender und ein-

facherer Weise zu betrachten, wobei weniger eine umfassende und von abstracten Prämissen ausgehende analytische Entwickelung als vielmehr die unmittelbare Beziehung der Erscheinungen auf ihre *physikalischen Ursachen* zum Hauptaugenmerk genommen ist. Die mathematische Betrachtung beschränkt sich daher auf die möglichst einfache Ableitung von Ausdrücken, die zu bestimmten und an der Erfahrung zu prüfenden Schlufsfolgerungen Veranlassung bieten, und verzichtet mit Absicht auf eine umfassendere Theorie, wie sie von den oben genannten Mathematikern verfolgt worden ist.

Man denke sich einen Hebel *CD* (Fig. 8 Taf. V), der sich um ein horizontales Charnier an seinem untern Ende *C* in einer senkrechten Ebene und zugleich um einen unter jenem Charnier befindlichen Verticalzapfen in horizontaler Richtung drehen kann. Ferner sey ein Ring oder eine Scheibe *adbe* am Punkte *c* auf den Hebel *CD* aufgesteckt und um denselben drehbar, so dafs also jener Ring drei verschiedenartiger Drehbewegungen zu gleicher Zeit fähig ist. Zum besseren Verständnifs ist dieses eingebildete Instrument in Fig. 8 Taf. V in drei Projectionen, nämlich im Grundrifs, Aufrifs (oder Seitenansicht) und Querrifs (oder Vorderansicht) abgebildet, wobei man sich alle drei Projections-Ebenen *YUX*, *YUZ* und *XUZ* in die Fläche des Papiers niedergelegt zu denken hat.

Man erkennt leicht, dafs dieses Instrument einen Kreisel von einfachster Form darstellt, der zwar um seine untere Spitze nach allen Richtungen hin frei beweglich ist, aber ohne dafs die Spitze sich fortbewegen kann. Euler und Stamkart haben ebenfalls die Betrachtung eines solchen Instruments ihren Theorien der Kreiselbewegung zu Grunde gelegt.

Es stimmt ferner dieses Instrument im Wesentlichen mit derjenigen Vorrichtung überein, welche Prof. Magnus in Poggendorff's Annalen (1854, Bd. 91) beschrieben und »Polytrop« genannt hat, und die bei etwas anderer Construction auch wohl mit dem Namen »Gyroskop« oder

»Fessel'sche Maschine« bezeichnet wird und durch die eigenthümlichen Erscheinungen bei ihrer Bewegung einiges Aufsehen in der gelehrten Welt gemacht hat.

Es sey das betrachtete Instrument (Fig. 8 Taf. V) in einer dreifachen Bewegung, nämlich der Ring $adbe$ in Rotation, ferner der Hebel CD zugleich in abwärts gerichteter Bewegung und in Horizontaldrehung um den Verticalzapfen bei C begriffen, und zwar sey diese Bewegung während eines bestimmten Augenblicks oder Zeittheilchens dt zu betrachten, worin die Rotationsgeschwindigkeit des Ringes $= V$, die Winkelgeschwindigkeit der abwärts gerichteten Drehung des Hebels und Ringes $= \frac{d\alpha}{dt}$, die Winkelgeschwindigkeit seiner Horizontaldrehung $= \frac{d\beta}{dt}$, und der zwischen dem Hebel CD und der horizontalen Ebene des Grundrisses eingeschlossene Neigungswinkel $= \alpha$ sey. Der Abstand cC des Ring-Mittelpunktes c vom Drehpunkte C möge durch R, der Halbmesser des Ringes durch r, die Masse des Ringes pro Längeneinheit seines Umfanges durch m, also die Masse des ganzen Ringes durch $2r.\pi.m$ bezeichnet werden, und es sey der Einfachheit wegen bei der nachfolgenden Untersuchung nur die Masse des Ringes in Betracht zu ziehen, die Masse des Hebels CD aber, sowie die Einflüsse der Zapfenreibung und des Luftwiderstandes ganz zu vernachlässigen.

Gehen wir zunächst von den physikalischen Erscheinungen aus, welche das Instrument bei raschem Umschwunge des Ringes darbietet, so bemerken wir, dafs bei völlig freier Beweglichkeit der Axe um den Punkt C zugleich eine Bewegung derselben abwärts wie seitwärts erfolgt. Diese doppelte Bewegung tritt aber nicht ein, wenn die Axe entweder durch ein Gegengewicht am Herabsinken gehindert oder aber dergestalt fixirt wird, dafs sie einen constanten Winkel mit der Grundebene bildet. Obgleich in beiden Fällen der Horizontalbewegung ein Hindernifs nicht entgegensteht, findet doch auch diese dann eben so wenig statt wie eine verticale Drehung; vielmehr beschränkt

nach die ganze Bewegung nun auf die Rotation des Ringes um seine ruhend bleibende Axe. Hieraus ist ersichtlich, dafs die bei völliger Beweglichkeit derselben erfolgende dreifache Bewegung eines beliebigen Punktes M im rotirenden Ringe das Resultat einer Combination der Schwerkraft mit gewissen Kräften ist, welche sich in Folge der Trägheit als *Widerstand* in der rotirenden Masse des Ringes geltend machen. Dieser aus schneller Rotation derselben entspringende Widerstand, der allen Theilen der in drehende Bewegung gesetzten Masse innewohnt, giebt sich schon der äufseren Wahrnehmung dadurch zu erkennen, dafs der bewegte Ring nur durch merkliche Kraftanstrengung aus seiner jedesmaligen Lage gebracht werden kann.

Für einen beliebigen Punkt M (Fig. 8 Taf. V), dessen Radius cM in dem betrachteten Augenblick der Bewegung den Winkel γ mit dem horizontalen Durchmesser ab des Ringes einschliefst (wie Fig. 9 Taf. V dieses anschaulich macht, welche den Ring von D aus gesehen darstellt), sind die drei parallel zu den Projectionsaxen UX, UY, UZ (Fig. 8 Taf. V) gerichteten Componenten v_1, v_2, v_3 der Geschwindigkeit V, wie man leicht findet:

$$(1)\quad \begin{cases} v_1 = V.\cos\gamma.\sin\alpha \\ v_2 = V.\sin\gamma \\ v_3 = V.\cos\gamma.\cos\alpha. \end{cases}$$

Wenn aber der Hebel CD des in voller Bewegung gedachten Instruments nach Verlauf der sehr kleinen Zeit dt bei seiner vertical abwärts gerichteten Drehung den Winkel $d\alpha$ und bei seiner Horizontaldrehung den Winkel $d\beta$ durchlaufen hat, also von seiner anfänglichen Lage in die neue Lage CD_1 (Fig. 10 Taf. V) übergegangen ist, was allerdings nur durch den Einfluss der Schwere erfolgen kann, so sind die drei parallel zu den Projectionsaxen UX, UY, UZ gerichteten Componenten u_1, u_2, u_3 der Rotationsgeschwindigkeit V für den Punkt M des Ringes, dessen Radius CM den Winkel γ mit dem horizontalen Durchmesser ab einschliefst:

$$u_1 = V \cdot \cos\gamma \cdot \sin(\alpha - d\alpha) \cdot \cos d\beta + V \cdot \sin\gamma \cdot \sin d\beta$$
$$u_2 = V \cdot \sin\gamma \cdot \cos d\beta - V \cdot \cos\gamma \cdot \sin(\alpha - d\alpha) \cdot \sin d\beta$$
$$u_3 = V \cdot \cos\gamma \cdot \cos(\alpha - d\alpha).$$

Entwickelt man in diesen Gleichungen die Werthe von $\sin(\alpha - d\alpha)$ und $\cos(\alpha - d\alpha)$ nach bekannten goniometrischen Formeln und berücksichtigt ferner, dafs man wegen der Kleinheit von $d\alpha$ und $d\beta$ ohne nennenswerthen Fehler

$$\sin d\alpha = d\alpha, \quad \sin d\beta = d\beta$$
$$\cos d\alpha = \cos d\beta = 1, \text{ sowie } d\alpha \cdot d\beta = 0$$

setzen darf, so erhält man:

$$(2) \quad \begin{cases} u_1 = V[\cos\gamma \cdot (\sin\alpha - \cos\alpha \cdot d\alpha) + \sin\gamma \cdot d\beta] \\ u_2 = V[\sin\gamma - \cos\gamma \cdot \sin\alpha \cdot d\beta] \\ u_3 = V \cdot \cos\gamma \cdot (\cos\alpha + \sin\alpha \cdot d\alpha). \end{cases}$$

Man mufs sich nun den Vorgang folgendermafsen denken: Derselbe materielle Punkt des Ringes, der nach Verlauf des Zeittheilchens dt in Wirklichkeit die in Fig. 10 Taf. V gezeichnete Lage M angenommen hat, würde, falls der Ring nur in seiner Rotation und in keiner anderen Bewegung begriffen wäre, in demselben Augenblick die in Fig. 8 Taf. V bezeichnete Lage M eingenommen haben. Also werden durch den Einflufs der beiden anderen relativen Bewegungen des Ringes, nämlich durch die *Horizontal-* und *Verticaldrehung* des Hebels CD zugleich die Lage des betrachteten Punktes und die Richtung seiner Rotationsgeschwindigkeit V in der Weise geändert, dafs die parallel zu UX, UY, UZ gerichteten Componenten jener Geschwindigkeit um die Werthe $u_1 - v_1$, $v_2 - u_2$, und $u_3 - v_3$ nach Verlauf der Zeit dt beziehungsweise zu- oder abgenommen haben. Es ist aber

$$(3) \quad \begin{cases} u_1 - v_1 = V(\sin\gamma \cdot d\beta - \cos\gamma \cdot \cos\alpha \cdot d\alpha) \\ v_2 - u_2 = V\cos\gamma \cdot \sin\alpha \cdot d\beta \\ u_3 - v_3 = V\cos\gamma \cdot \sin\alpha \cdot d\alpha. \end{cases}$$

Solche Geschwindigkeits-Aenderungen weisen nun auf die Einwirkung von *Kräften* hin, die eine Zeit lang andauern. Geht also die Bewegung in der betrachteten Weise vor sich, so kann man sich denken, dafs während der Zeit dt drei verschiedene Kräfte P_1, P_3 und P_2 in den Rich-

tungen von v_1, v_3 und resp. in der entgegengesetzten Richtung von v_2 auf den Punkt M einwirken, so wie es in Fig. 8 Taf. V angedeutet ist. Es werden dann also, wenn man sich in dem materiellen Punkte M die Masse $m.r.d\gamma$ concentrirt denkt, die Geschwindigkeitsänderungen, welche von jenen Kräften nach Verlauf der Zeit dt dem Punkte M ertheilt werden, gleich

$$\frac{P_1}{m.r.d\gamma}.dt,\ \frac{P_2}{m.r.d\gamma}.dt,\ \frac{P_3}{m.r.d\gamma}.dt$$

seyn müssen, und zwar den oben berechneten Geschwindigkeitsänderungen $u_1 - v_1$, $v_2 - u_2$, und $u_3 - v_3$ gleichzusetzen, woraus sich ergiebt:

$$(4)\quad \begin{cases} P_1 = \frac{m.r.d\gamma}{dt}.(u_1 - v_1) \\ P_2 = \frac{m.r.d\gamma}{dt}.(v_2 - u_2) \\ P_3 = \frac{m.r.d\gamma}{dt}.(u_3 - v_3). \end{cases}$$

Bei der Kreiselbewegung ist aber die Rotationsgeschwindigkeit V so bedeutend, dafs im Vergleich zu ihr die Winkelgeschwindigkeiten $\frac{d\alpha}{dt}$ und $\frac{d\beta}{dt}$, welche das Senken und horizontale Fortschreiten des Ringmittelpunktes in Folge der einwirkenden Schwerkraft ausdrücken, als fast verschwindend erscheinen, und der Ring in einem sehr kleinen Zeittheilchen sich beinahe völlig so bewegt, als ob er sich blofs im Umschwunge um seine Axe befände. Die oben berechneten auf den Punkt M einwirkenden drei Kräfte müssen demnach von drei gleichen und entgegengesetzten Kräften, die sich in Folge der Trägheit der Materie als *Widerstand* der bewegten Masse des rotirenden Ringes geltend machen, aufgehoben werden, und man kann sich die Bewegung so vorstellen, als ob jene Kräfte P_1, P_2, P_3 allerdings in der in Fig. 8 Taf. V gezeichneten Weise, zugleich aber auch noch einmal in *entgegengesetzten Richtungen*, wie Fig. 11 Taf. V es bezeichnet, vorhanden wären. Dieser Vorstellung gemäfs würde durch die Wirkung der

drei ersteren Kräfte in Verbindung mit der Rotationsgeschwindigkeit V des Punktes M die Bewegung desselben in der oben betrachteten Weise zu erfolgen suchen, aber der Punkt M von der Richtung dieser Bewegung durch die Einwirkung der drei letzteren Kräfte während der Zeit dt fortwährend abgelenkt werden.

Es kommt gegenwärtig darauf an zu untersuchen, in wie weit die in Fig. 11 Taf. V gezeichneten Kräfte P_1, P_2, P_3 den materiellen Punkt M des Ringes von der ihm eingeprägten Bewegungsrichtung abzulenken streben, d. h. welche besondere relative Bewegungen diese Kräfte dem Punkte M bei ihrer Einwirkung während der Zeit dt zu ertheilen suchen. Man mufs sich zu dem Ende die Kraft P_3 in zwei Seitenkräfte zerlegt denken, wovon die eine $P_3 . \operatorname{tg}\alpha$ in horizontaler Richtung und zwar entgegengesetzt wie P_1 wirkt, und die Richtung der anderen $\frac{P_3}{\cos\alpha}$ in der Ebene des Ringes liegt; dann hat man die drei Kräfte $P_3 . \operatorname{tg}\alpha - P_1$, P_2 und $\frac{P_3}{\cos\alpha}$, welche in verschiedenen Richtungen während der Zeit dt auf den materiellen Punkt M einwirken, zu betrachten. Da nun der Punkt M in seiner Bewegung immer abhängig von der Bewegung des ganzen Ringes ist, so mufs man untersuchen, welchen Einflufs jene drei Kräfte auf die Bewegung des Ringes im Ganzen auszuüben suchen. Es gehen die Richtungen dieser Kräfte sämmtlich nicht durch den Mittelpunkt des Ringes, sondern dieselben wirken excentrisch auf diesen. Bekanntlich hat man sich aber die Wirkung einer excentrischen Kraft immer so zu denken, als ob eine gleich grofse und parallel gerichtete Kraft im Schwerpunkt des bewegten Körpers angriffe, und aufserdem ein Kräftepaar von demselben Moment, welches jene excentrische Kraft in Bezug auf den Schwerpunkt hat, den bewegten Körper in der entsprechenhtung zu drehen suchte. Es ergeben sich also im den Fall, wie aus Fig. 11 Taf. V leicht zu ersehen den verschiedenen Bewegungen des Ringes.

1. Die im Centrum c des Ringes angreifende Kraft $P_3 . \operatorname{tg}\alpha - P_1$ sucht den Hebel CD um das Charnier nach abwärts zu drehen mit Moment

$$R . \sin\alpha . (P_3 . \operatorname{tg}\alpha - P_1).$$

2. Das Kräftepaar, welches derselben excentrischen Kraft entspricht, mufs man sich in ein in verticaler Ebene liegendes und ein zweites in horizontaler Ebene liegendes Kräftepaar zerlegt denken, davon sucht das erstere Paar vom Moment

$$r . \sin\gamma . \cos\alpha . (P_3 . \operatorname{tg}\alpha - P_1)$$

den Hebel und Ring um das Charnier C nach abwärts zu drehen; das letztere Paar vom Moment

$$r . \cos\gamma . (P_3 . \operatorname{tg}\alpha - P_1)$$

sucht hingegen die Geschwindigkeit der schon vorhandenen Horizontaldrehung des Hebels CD um den Verticalzapfen bei C zu beschleunigen.

3. Die im Ringmittelpunkte angreifende Kraft $\frac{P_3}{\cos\alpha}$ sucht den Hebel CD um das Charnier C nach aufwärts zu drehen mit dem Moment

$$\frac{P_3}{\cos\alpha} . R.$$

4. Das entsprechende Kräftepaar vom Moment

$$\frac{P_3}{\cos\alpha} . r . \cos\gamma$$

sucht die Rotationsgeschindigkeit V des Ringes zu verzögern.

5. Die im Centrum c angreifende Kraft P_2 sucht die Geschwindigkeit der Horizontaldrehung des Hebels und Ringes um den Verticalzapfen bei C zu verzögern mit dem Moment:

$$P_2 . R . \cos\alpha.$$

6. Das entsprechende Kräftepaar vom Moment

$$P_2 . r . \sin\gamma$$

sucht die Rotationsgeschwindigkeit V des Ringes zu vergröfsern.

Wenn man jetzt aus den vorstehenden Formeln 1. bis 6. immer diejenigen Momente, welche eine gleichartige Bewegung hervorzubringen suchen, zusammenfafst, so erhält man:

A. Ein Moment

$$l = \frac{P_3}{\cos\alpha}.R - (P_3 \operatorname{tg}\alpha - P_1).(R.\sin\alpha + r.\sin\gamma.\cos\alpha)$$
$$= \frac{m.r.d\gamma}{dt}.V.[R.\cos\gamma.\operatorname{tg}\alpha.d\alpha - (R.\sin\alpha + r.\sin\gamma.\cos\alpha).(\cos\gamma.\sin\alpha.\operatorname{tg}\alpha.d\alpha - \sin\gamma.d\beta + \cos\gamma.\cos\alpha.d\alpha)],$$

welches den Hebel CD in verticaler Ebene um das Charnier C nach *aufwärts* zu drehen sucht,

B. Ein Moment

$$n = r.\cos\gamma.(P_3.\operatorname{tg}\alpha - P_1) - P_2.R.\cos\alpha$$
$$= \frac{m.r.d\gamma}{dt}.V[r.\cos\gamma(\cos\gamma.\sin\alpha.\operatorname{tg}\alpha.d\alpha - \sin\gamma.d\beta + \cos\gamma.\cos\alpha.d\alpha) - R.\cos\alpha.\cos\gamma.\sin\alpha.d\beta),$$

welches die *Horizontaldrehung* des Hebels und Ringes um den Verticalzapfen bei C zu *beschleunigen* sucht.

C. Ein Moment

$$q = \frac{P_3}{\cos\alpha}.r.\cos\gamma - P_2.r\sin\gamma$$
$$= \frac{m.r.d\gamma}{dt}.V\left[\frac{r}{\cos\alpha}.\cos\gamma.\cos\gamma.\sin\alpha.d\alpha - r.\sin\gamma.\cos\gamma.\sin\alpha.d\beta\right],$$

welches die *Rotations-Geschwindigkeit* V des Ringes zu *verzögern* sucht.

Alle diese vorstehenden Entwickelungen beziehen sich freilich vorläufig nur auf den einen materiellen Punkt M des Ringes; um dieselben aber auf den ganzen Ring auszudehnen, braucht man nur die obigen Ausdrücke für l, n, q zwischen den Gränzen 2π und 0 zu integriren, indem man dabei den Winkel γ als veränderliche Gröfse ansieht. Man bekommt dann für die Momente L, N, Q, welche auf die Masse des Ringes im Ganzen einwirken:

$$L=\int_0^{2\pi} l,\quad N=\int_0^{2\pi} n,\quad Q=\int_0^{2\pi} q.$$

Wenn man nun die obigen Ausdrücke für l, n und q integriren will, so mufs man sich erinnern, dafs nach bekannten Integralformeln

$$\int \cos\gamma^2 . d\gamma = \tfrac{1}{2}\gamma + \tfrac{1}{2}\sin\gamma . \cos\gamma$$

$$\int \sin\gamma^2 . d\gamma = \tfrac{1}{2}\gamma - \tfrac{1}{2}\sin\gamma . \cos\gamma$$

$$\int \sin\gamma . d\gamma = -\cos\gamma$$

$$\int \cos\gamma . d\gamma = \sin\gamma \text{ und}$$

$$\int \sin\gamma . \cos\gamma . d\gamma = \tfrac{1}{2}\sin\gamma^2$$

ist, und dafs folglich

$$\int_0^{2\pi} \cos\gamma^2 . d\gamma = \int_0^{2\pi} \sin\gamma^2 . d\gamma = \pi \text{ und}$$

$$\int_0^{2\pi} \sin\gamma . d\gamma = \int_0^{2\pi} \cos\gamma . d\gamma = \int_0^{2\pi} \sin\gamma . \cos\gamma . d\gamma = 0$$

seyn mufs. Demnach erhält man nun

$$(5)\quad \begin{cases} L = \frac{m.r^2\pi}{dt} . V\cos\alpha . d\beta \\ N = \frac{m.r^2\pi}{dt} . V . \frac{d\alpha}{\cos\alpha} \\ Q = \frac{m.r^2\pi}{dt} . V . \operatorname{tg}\alpha . d\alpha. \end{cases}$$

Aufser diesen drei Momenten wirkt nun aber noch die *Schwerkraft* in entgegengesetzter Richtung wie das Moment L auf das in Bewegung begriffene Instrument ein; da nun das Gewicht des Ringes $= 2r.\pi.m.g$ ist (wobei g die Schwerkrafts-Acceleration $= 9{,}80896^m$ bezeichnet) und da dieses Gewicht an einem Hebelarme $= R.\cos\alpha$ in Bezug auf das Charnier C wirkt, so ist das Moment S, welches die nach *abwärts* gerichtete Verticaldrehung des Hebels zu beschleunigen strebt:

$$S = 2r.\pi.m\,g.R.\cos\alpha - L,$$

oder

$$(6)\quad S = m.r.\pi.\cos\alpha\left(2g.R - r.V.\frac{d\beta}{dt}\right).$$

Man erkennt sofort aus dieser Gleichung, dafs das nach abwärts treibende Moment S nur dann einen positiven Werth hat, wenn

$$2g.R > r.V.\frac{d\beta}{dt},$$

d. h. wenn die Winkelgeschwindigkeit der Horizontaldrehung $\frac{d\beta}{dt}$ kleiner als $\frac{2g.R}{r.V}$ ist. Wenn aber, vielleicht durch eine äufsere Einwirkung (etwa durch Nachtreiben mittels der Hand oder einer Peitschenschnur) die Rotationsgeschwindigkeit V oder die Geschwindigkeit der Horizontaldrehung des Instruments erheblich vermehrt wird, so kann es sich dann leicht ereignen, dafs das Moment S einen *negativen* Werth annimmt, also den Hebel CD nicht nach *abwärts*, sondern nach *aufwärts* zu drehen sucht. Daraus erklärt sich also die bekannte Erscheinung, dafs ein in Bewegung begriffener Kreisel, wenn seine Rotation durch einen Schlag mit der Peitsche beschleunigt wird, sich jedesmal wieder fast bis zur senkrechten Stellung aufzurichten pflegt, wenn er auch vorher eine stark geneigte Lage gegen den Horizont gehabt hat. Ebenso richtet sich bei der Fessel'schen Maschine die Drehungsaxe des Ringes empor, sobald man die Horizontaldrehung beschleunigt.

Es ist ferner leicht einzusehen, warum ein in Rotation befindlicher Kreisel sich, ungeachtet der Einwirkung der abwärts ziehenden Schwerkraft, immer nur *sehr langsam* weiter gegen den Horizont herabneigt und zugleich eine immer schneller werdende Horizontaldrehung annimmt. Nach der obigen Rechnung mufs nämlich durch die Einwirkung des Momentes N die Winkelgeschwindigkeit $\frac{d\beta}{dt}$ der Horizontaldrehung des Kreisels fortwährend beschleunigt werden, und dieser Umstand mufs dann wieder zur Vergrö-

fserung des Momentes L, welches der nach abwärts ziehenden Schwerkraft entgegenwirkt, beitragen. Nur dadurch, dafs gleichzeitig durch die Wirkung des Kräftepaares Q die Gröfse der Rotationsgeschwindigkeit V immer mehr vermindert wird, was auch wiederum zur Verminderung des Momentes L beiträgt, ist es erklärlich, dafs der Kreisel überhaupt nach und nach weiter gegen den Horizont herabsinken kann.

Die Bewegung eines Kreisels, der mit seiner unteren Spitze frei über eine als Unterlage dienende Ebene hingleiten kann, ist der Hauptsache nach ganz dieselbe, wie bei dem hier betrachteten Instrumente. Es ist nur zu bemerken, dafs die durch das Kräftepaar N bewirkte Horizontaldrehung des Kreisels nicht um seine untere Spitze, sondern um seinen Schwerpunkt, welcher dem oberen Ende des Kreisels ziemlich nahe liegt, erfolgt, so dafs die untere Spitze des Kreisels auf der unterliegenden Ebene einen Kreis beschreiben und der Kreisel während dieser Bewegung fortwährend gegen die Mitte dieses Kreises zu geneigt bleiben mufs, was sich auch in Wahrheit durch die Beobachtung bestätigt.

Es ist ferner noch zu erwähnen, dafs ein Kreisel, welcher durch einen Schlag mit der Peitsche in Rotation versetzt wird, in Folge dessen auch noch eine fortschreitende Bewegung annimmt, welche aber als ganz unabhängig von dieser Drehbewegung angesehen werden darf und keinen weiteren Einfluſs darauf äufsert.

Wenn man darauf ausgeht, mit Hülfe der Formeln sub (5) und (6) zu bestimmen, wie grofs die Winkelgeschwindigkeiten $\frac{d\alpha}{dt}$ und $\frac{d\beta}{dt}$ der Vertical- und Horizontaldrehung des hier betrachteten Instrumentes in einem bestimmten Augenblick der Bewegung seyn werden, so stöfst man auf sehr schwierige und verwickelte Integrationen, worauf hier nicht weiter eingegangen werden soll, da diese Berechnungen von keiner practischen Wichtigkeit seyn würden, und da die eigenthümlichen Erscheinungen

der Kreiselbewegung durch das Vorstehende bereits genügend erklärt seyn dürften.

Es ist indessen leicht, aus der oben abgeleiteten Gleichung für Q den Werth, welchen die Rotationsgeschwindigkeit V in einem bestimmten Augenblick der Bewegung, wenn der Hebel CD den Winkel α mit dem Horizonte einschliefst, annehmen wird, zu entwickeln, was hier noch geschehen möge. Während der Zeit dt wird die Rotationsgeschwindigkeit V durch die Wirkung des Momentes Q verringert um:

$$dV = \frac{\frac{Q}{r}}{2r.m.\pi}.dt = \frac{V}{2}.\mathrm{tg}\,\alpha.d\alpha.$$

Es ist also:

$$2\frac{dV}{V} = \mathrm{tg}\,\alpha.d\alpha,$$

oder nach vollzogener Integration:

$$2\log.V = -\log(\cos\alpha) + \mathrm{Const.}$$

Wenn nun die Bewegung des Instrumentes bei derjenigen Stellung des Hebels CD begonnen hat, wobei der veränderliche Winkel α den Werth φ und die veränderliche Rotationsgeschwindigkeit V den Werth W hatte, so ist:

$$2\log W = -\log(\cos\varphi) + \mathrm{Const.},$$

also

$$2(\log V - \log W) = \log(\cos\varphi) - \log(\cos\alpha).$$

Daraus folgt:

$$\left(\frac{V}{W}\right)^2 = \frac{\cos\varphi}{\cos\alpha},$$

oder

$$(7) \quad V = W\sqrt{\frac{\cos\varphi}{\cos\alpha}}.$$

Aus dieser Gleichung von überraschend einfacher Form läfst sich also für jeden beliebigen Neigungswinkel α des Hebels gegen den Horizont auf leichte Weise die Gröfse der entsprechenden Rotationsgeschwindigkeit V des Ringes finden.

IV. *Der Einfluſs der Leitung eines elektrischen Stromes auf die Art seiner Entladung;* *von Peter Rieſs.*

(Aus den Monatsberichten der Akademie, Mai 1856.)

Die Gesetze, nach welcher die Naturkräfte wirken, sind nicht einfach; sie erscheinen uns nur einfach in der Vorstellung, welche die Kräfte von den Umständen befreit, unter welchen sie gewöhnlich wirken, einfach im Versuche, der in gewissen Gränzen gehalten wird. Ist die Beschränkung des Versuches nothwendig, um zu einfachen Naturgesetzen und damit zu einem Leitfaden bei der Beurtheilung der verwickelten Wirkung zu gelangen, so bleibt es nicht minder nöthig, dieselbe aufzugeben, damit nicht der Glaube an die unbedingte Gültigkeit jener Gesetze erweckt, und der Weg zu Fehlschlüssen offen gelassen werde. Es ist der Zweck der vorliegenden Untersuchung, zu zeigen, daſs die Gränzen, innerhalb welcher die überaus nützlichen Gesetze der elektrischen Leitung gelten, leicht zu überschreiten sind, und die nöthige Vorsicht bei der Anwendung dieser Gesetze zu empfehlen.

Die elektrischen Leitungsgesetze lehren die Abhängigkeit verschiedener elektrischen Erscheinungen von dem Stoffe und den Dimensionen der dem Versuche unterworfenen Körper, und dadurch das sogenannte Leitungsvermögen der Körper bei Einheit der Dimensionen zu bestimmen. Das Leitungsvermögen ist in verschiedener Weise gemessen worden, je nachdem es als Ursache der einen oder der andern Erscheinung betrachtet wurde. Zuerst und im eigentlichsten Sinne ist mit dem Ausdrucke: elektrisches Leitungsvermögen eine Eigenschaft der Körper bezeichnet worden, vermöge welcher, wenn sie an einen elektrisirten Körper angelegt werden, dieser in den unelektrischen Zustand zurücktritt. Die Beobachtung war hiernach auf den elektrisirten Körper gerichtet, und auf

die Zeit, in welcher eine Aenderung seines elektrischen Zustandes eintrat. Dem angelegten unelektrischen Körper, welcher der entladende genannt wird, schrieb man ein desto gröfseres Leitungsvermögen zu, in je kürzerer Zeit er den elektrisirten Körper entladen hatte. Diese Untersuchung hat zu einer rohen Eintheilung aller Körper geführt, und sichere Gesetze nur für wenige schlechtleitende Körper geliefert, in Bezug auf welche die allgemeine Bezeichnung Leitung mit der speciellen: Zerstreuung (französich *déperdition*) der Elektricität vertauscht wurde. Zu diesem Zwecke wird die Methode noch jetzt gebraucht. Die Untersuchung wendete sich deshalb ab von dem elektrisirten Körper und richtete sich auf den entladenen Körper selbst. Dieser erfährt während der Entladung verschiedene Aenderungen seines Zustandes, von welchen ich die Erwärmung, als die hier maafsgebende, erwähne. Es wurde die Erwärmung beobachtet, welche verschiedene Körper bei der Entladung eines elektrisirten Körpers erfuhren, und ihnen ein desto geringeres Leitungsvermögen zugeschrieben, je wärmer sie geworden waren. Aber diese Versuche konnten zu keinem einfachen Gesetze führen, ehe die Gesetze bekannt waren, die durch eine andere Art der Untersuchung bestimmt wurden. In dieser dritten, von mir angewandten, Untersuchungsweise wird nur ein Theil des entladenden Körpers verändert, die Erwärmung des andern Theiles untersucht, und aus der gröfseren oder geringeren Erwärmung des unveränderlichen Theiles auf das gröfsere oder geringere Leitungsvermögen des veränderlichen geschlossen. Hierdurch erhält der Ausdruck Leitungsvermögen eine zweite Bedeutung, die hypothetisch mit der ersten identisch ist, in sofern wir die gröfsere Erwärmung der geringeren Zeit zuschreiben, in welcher die elektrische Entladung vollendet ist. Die Erwärmung im unveränderlichen Theile des entladenden Körpers wird zum Maafse des ganzen Entladungsstromes genommen. Diese Bestimmung hat genaue und constante Resultate geliefert, die in einfache Gesetze vereinigt werden konnten, so dafs jetzt der sogenannte Ver-

zögerungswerth eines Drahtes, der zu seinem Leitungswerthe in reciprokem Verhältnisse steht, aus der Kenntnifs seines Stoffes und seiner Dimensionen mit Sicherheit abgeleitet werden kann. Dabei aber, und ich habe an mehreren Stellen meiner Wärmeuntersuchungen darauf aufmerksam gemacht, ist vorausgesetzt, dafs der elektrische Entladungstrom, zu dessen Leitung ein solcher Draht verwendet werden soll, eine Dichtigkeit besitzt, die eine bestimmte Gröfse nicht übersteigt. Mit Ueberschreitung dieser Gränze wird nämlich die Entladungsart, die ich als die continuirliche bezeichnet habe, gänzlich verändert, und damit hört die Gültigkeit des vorher bestimmten Verzögerungswerthes des Drahtes auf. In einer früheren Abhandlung [1]) habe ich gezeigt, dafs gewisse Wirkungen, wie Glühen und Schmelzen von Metallen, gar nicht durch die Entladungsart der Elektricität geleistet werden, für welche die Gesetze der elektrischen Erwärmung ermittelt worden sind, dafs zur Hervorbringung dieser Wirkungen die Entladungsart der Elektricität durch Steigerung ihrer Dichtigkeit geändert werden mufs, und dafs damit zugleich der Verzögerungswerth der gebrauchten Metalldrähte periodischen Aenderungen unterliegt. Ich habe dazu anhangsweise bemerkt, dafs diese Aenderung der Entladungsart nicht nur in starren Körpern, sondern auch in Flüssigkeiten und in Luft vorkommt, und sich dort durch eine auffallend grofse Aenderung des Verzögerungswerthes der entladenden Körper bemerkbar macht. Der Einflufs der Stromleiter auf den Entladungsstrom der leydener Batterie wird daher als ein zweifacher aufgefafst werden müssen. Erstlich verursacht der Leiter nach seiner Beschaffenheit eine Verzögerung des Fortschrittes des Stromes; er setzt ihm, nach dem beliebten Ausdrucke, einen Leitungswiderstand entgegen, ohne jedoch die Art des Fortschrittes zu ändern. Diese Wirkung des Leiters kann, als die bisher am eifrigsten und erfolgreichsten untersuchte und auf einfache Gesetze zurückgeführte, als die normale Wirkung betrachtet wer-

1) Abhandl. d. Akad. d. Wiss. 1845, S. 89. (Ann. Bd. 65, S. 481.)

den. Zweitens aber verändert der Leiter bei einer gewissen Beschaffenheit, die durch die Dichtigkeit des zu leitenden Stromes bestimmt wird, die Gangart der Entladung. Die in diesem Falle gemessene Stromstärke kann mit dem Werthe verglichen werden, den sie bei normaler Entladung besitzen würde. Diese Vergleichung bildet den Gegenstand der folgenden Untersuchung, die das bemerkenswerthe Resultat gegeben hat, dafs bei Aenderung der Entladungsweise eine gänzliche Veränderung der Leitungsgesetze statt findet. Nicht nur, was ich schon früher hervorgehoben habe, dafs die Verzögerung der Entladung nicht mehr nach den geltenden Formeln zu berechnen ist, so kommen Fälle vor, in welchen die Stromstärke durch dieselben Umstände für die verschiedenen Entladungsarten in entgegengesetztem Sinne verändert wird. Die gewöhnliche Entladung, die ich als die continuirliche bezeichnet habe, geht in die ungewöhnliche (discontinuirliche) durch Zwischenstufen über, und die Leitungsgesetze erhalten dabei eine solche Verwickelung, dafs sich nicht hoffen läfst, sie auf einfache Regeln zurückzuführen.

Was die äufsere Erscheinung der ungewöhnlichen Entladungsart betrifft, so ist sie in Luft und Wasser seit langer Zeit bekannt und vielfach studirt worden, unter dem Namen der Lichterscheinungen der Elektricität. In einer nachgelassenen Schrift von Hausen [1]) finden sich zuerst die drei elektrischen Lichterscheinungen in Luft bestimmt von einander getrennt, die wir jetzt als die Funken-, die Büschel- und die Glimm-Entladung unterscheiden. Bei der Entladung in verdünnter Luft ist 1766 von Beccaria [2]) das Licht an der positiven Elektrode als Licht des Herausganges (*sporgimento*) von dem an der negativen, als Anschwellung (*ringorgo*) getrennt worden. Die genauere Untersuchung dieser Lichterscheinungen in verdünnter Luft hat Faraday in der 12ten und 13ten Experimental-Untersuchungen gegeben und

[1]) *Historia electricitatis* Lips. 1743.
[2]) *Torino* 1772, *p.* 52.

dabei die merkwürdige dunkle Entladung entdeckt. Die erste Beobachtung der ungewöhnlichen (leuchtenden) Entladung in Wasser ist von Beccaria [1]). In den *philosophical transactions for* 1785 [2]) hat Cadogan Morgan die wichtige Erfahrung hinzugefügt, dafs diese Entladung desto schwieriger erfolgt, je besser leitend das Wasser ist, indem die Funken leichter in kaltem Wasser erhalten wurden, als in heifsem, und gar nicht in Wasser, dem eine Säure hinzugesetzt war. Ich werde im Folgenden auf diese äufsere Erscheinungen der discontinuirlichen Entladung nur beiläufig eingehen, da sie keineswegs die nothwendigen Begleiter der discontinuirlichen Entladung sind, die sich in den veränderten Leitungsgesetzen ausspricht, ehe noch das Auge von der veränderten Entladung unterrichtet wird. Gerade diese dem Auge verborgenen Uebergänge der gewöhnlichen Entladungsart in eine andere sind dem Beobachter am gefährlichsten, und sie sind es, auf welche ich die Aufmerksamkeit am meisten zu lenken wünsche.

Aenderung der Entladung durch einen metallischen Stromleiter.

Untersucht man die Erwärmung, welche die Entladung einer leydener Batterie an einer constanten Stelle des Schliefsungsbogens erregt, zu welchem beliebige, nach Stoff und Dimensionen bekannte Drähte hinzugesetzt werden, so genügen bekanntlich zwei Beobachtungen, um alle übrigen Versuche, die aufserdem noch durch die Ladung der Batterie geändert werden können, auf das Genaueste zu berechnen. Ich stellte die einfachsten Versuche dieser Art an, indem ich die Batterie ungeändert liefs (4 Flaschen jede von 2,6 Quadratfufs innerer Belegung), dieselbe stets mit gleicher Elektricitätsmenge lud (22 Einheiten der Maafsflasche, deren Kugeln $\frac{1}{2}$ Linie von einander entfernt standen) und zum Schliefsungsbogen, in aufeinanderfolgenden

1) *Elettric. artificiale* Torino* 1772, *p.* 520.
2) *Abridged by Hutton etc.** 15, 673.

Versuchen, sieben Drähte hinzusetzte, die aus demselben Platin zu verschiedener Dicke gezogen waren, und im Schliefsungsbogen genau 2 Zoll einnahmen. Die an constanter Stelle des Bogens untersuchte Erwärmung sollte daher allein abhängen von dem Halbmesser r des zugesetzten Drahtes nach dem einfachen Ausdrucke $\theta = \frac{a}{1+\frac{b}{r^2}}$ in welchem ich aus dem ersten und vierten Versuche die Constanten bestimmt hatte ($\log . a = 1{,}80322$ $\log . b = 6{,}72647$). Diefs war aber nicht der Fall, wie die folgende Zusammenstellung zeigt, in welcher die Erwärmungen Mittel aus drei Beobachtungen des elektrischen Thermometers sind.

Zahl d. Versuches.	Halbmesser der eingeschalteten Drähte.	Erwärmung im Schliefsungsbogen. Beobachtet.	Berechnet.	Unterschied in Theil. d. berechn. Werthes.
1	0,06685 par. Lin.	56,8 Lin.	56,8	
2	5952	55,3	55,26	
3	5000	52,2	52,40	
4	4053	48	48	
5	2857	33,4	38,46	— 0,132
6	2089	24,8	28,63	0,134
7	1850	16,6	19,19	0,135.

In Bezug auf die Berechnung des letzten Versuches ist zu bemerken, dafs, weil der Draht dabei zerstört wurde, nach früheren Versuchen nur 0,77 der angehäuften Elektricitätsmenge aber mit der ganzen Dichtigkeit in Rechnung gesetzt werden mufste. Die Tafel zeigt, dafs von den 7 nach abnehmender Dicke geordneten Platindrähten, die zu dem constanten auf Erwärmung untersuchten Schliefsungsbogen hinzugesetzt wurden, die 4 ersten die angehäufte Elektricität genau nach den früher ermittelten Gesetzen leiteten, die letzten drei Drähte aber bedeutend davon abwichen. Bei diesen Drähten sind die beobachteten Erwärmungen nahe um ein Achtel des Werthes kleiner, als sie nach den Leitungsgesetzen seyn sollten. Dem Platin würde, wenn wir es nach diesen Gesetzen beurtheilten, in den drei

letzten Versuchen ein veränderliches, bedeutend geringeres Leitungsvermögen zukommen, als das constante in den vier ersten Versuchen, und zwar würde das Leitungsvermögen im 6. Versuche gröfser gefunden werden, als im 5., also nicht unbedingt mit der Erhitzung des Platindrahtes abnehmen. Die Versuche sind eine Folge des in meiner oben erwähnten Abhandlung erwiesenen Satzes, dafs ein elektrischer Strom, der Metalle mechanisch verändert oder sie zum Glühen und Schmelzen bringt, sich darin in ganz verschiedener Weise fortpflanzt, als in dem Falle, wo er keine solche Wirkung hervorbringt. Im 7. Versuche wurde der Platindraht jedesmal glühend zersprengt, und im 6. wurde er in ganzer Länge rothglühend. Auch im 5. Versuche, wo keine leuchtende Erscheinung die veränderte Entladungsart anzeigte, konnte nach öfterer Wiederholung die, als Merkmal für diese Entladung angegebene, stumpfwinklige Einbiegung des Drahtes bemerkt werden. Dafs der Einfluſs, den die Dimensionen des Drahtes auf die Entladungsart des Stromes haben, auch vom Stoffe des Stromleiters geübt wird, folgt aus der Erfahrung, dafs sehr verschiedene elektrische Anhäufungen nöthig sind, um Drähte verschiedenen Stoffes zum Glühen zu bringen. Die gewonnene Erfahrung läfst sich so ausdrücken. Die, durch die Erwärmung gemessene, Stärke des Stromes hängt von drei Factoren ab: von der Menge, von der Dichtigkeit der in der Batterie angehäuften Elektricität, und von dem Leitungszustande des Schliefsungsbogens. Die für die Stromstärke gefundenen Formeln gelten nur so lange, als die Entladung in Bogen continuirlich geschieht, und diese Art der Entladung wird, wenn die Ladung der Batterie constant erhalten wird, durch Stoff und Dimensionen des Schliefsungsbogens bestimmt. Das Eintreten der ungewöhnlichen Entladung ist nicht immer an dem von ihr erfafsten Stücke des Schliefsungsbogens durch eine äufsere Erscheinung sichtbar, wird es dann aber bei geringer Verstärkung der Ladung der Batterie. Um sich daher von einem gegebenen Drahte zu versichern, dafs er eine gegebene Batterieladung

in normaler Weise leite, und auf ihn die Leitungsgesetze anwendbar seyen, ist es nöthig, die Ladung der Batterie zu verstärken, und darauf zu achten, ob nicht der Draht erschüttert werde oder eine Einbiegung erhalte.

Je besser das Metall eines Drathes die Elektricität in normaler Entladungsart leitet, desto dünner mufs er seyn, um eine gegebene Batterieladung in ungewöhnlicher Weise zu entladen. Es wird diefs durch die verschiedene Batterieladung sichtlich gemacht, welche Drähte verschiedenen Metalles bedürfen, um ins Glühen zu gelangen. Wendet man daher bei gleicher Batterieladung verschiedenartige Drähte zur Entladung an, so kann es kommen, dafs der aus besser leitendem Stoff die Entladung normal leitet, während der andere schon die ungewöhnliche Entladung veranlafst. Diefs ist bei der Bestimmung des Leitungsvermögens der Metalle zu beachten, wobei zur Vermeidung grofser Längen, gewöhnlich dünne Drähte gebraucht werden. Da bei der ungewöhnlichen Entladung der Verzögerungswerth gröfser erscheint, als bei der gewöhnlichen, so ist die Folge, dafs in dem Falle einer zwiefachen Entladungsart, der Unterschied im Leitungsvermögen der geprüften Metalle gröfser gefunden wird, als er ist. Die gröfsere Leichtigkeit, mit welcher die ungewöhnliche Entladung in den schlechteren Leitern zu Stande kommt, erklärt eine auffallende Erscheinung bei der Theilung des elektrischen Stromes. Hat sich nämlich der Strom zwischen Zweige von sehr verschiedenem Leitungsvermögen zu theilen, so geht er, nach dem bekannten Gesetze der Theilung, fast vollständig durch den besseren Leiter. Diefs ist so lange der Fall, als die continuirliche Entladungsweise statt hat; tritt bei gesteigerter Elektricitätsmenge oder verringerten Dimensionen des guten Leiters, in diesem die discontinuirliche Entladung auf, so kann ein grofser Theil des Stromes durch den schlechten Leiter gehen. So sah van Marum einen 36 Zoll langen Eisendraht, der durch eine starke Ladung seiner Batterie ins Glühen versetzt wurde, mit einer breiten Lichthülle umgeben, und Erfahrungen bei Blitzschlägen

geben dafür Belege, dafs ein Theil des Blitzes, auch bei vorhandener Leitung durch zusammenhängendes Metall, durch den viel schlechter leitenden menschlichen Körper und durch Luft geht. Ich werde weiter unten hierzu einen Versuch in verdünnter Luft anführen.

Aenderung der Entladung durch einen flüssigen Stromleiter.

Die Genauigkeit, welche bei metallischer Schliefsung den Messungen der Stromstärke am Thermometer gegeben werden kann, ist nicht zu erreichen, wenn die Schliefsung an einer Stelle durch eine Flüssigkeit unterbrochen ist. Dennoch eignen sich diese Versuche ganz besonders, den Einfluſs des Stromleiters auf die Entladungsart zu zeigen, da die Stromstärke hier, je nach der Entladungsart, aufserordentlich verschieden ist, und die Entladungsart sehr leicht wechselt. Im vorigen Abschnitte habe ich den Leitungswerth des veränderlichen Stückes der Schliefsung durch die Dicke eines und desselben Metalles geändert; hier war es bequemer, die Aenderung am Stoffe selbst, ohne Aenderung seiner Dimensionen vorzunehmen, indem das Leitungsvermögen von destillirtem Wasser durch Zusatz von Kochsalz allmählich gesteigert wurde. Ein Trog aus Guttapercha, $8\frac{1}{4}$ Zoll lang, $1\frac{3}{4}$ Zoll breit und hoch, wurde mit 15 Unzen destillirten Wassers gefüllt. Zwei dicke, mit Glasröhren bekleidete und an einem Glasstabe befestigte, vertical in das Wasser gehängte Kupferdräthe trugen am unteren Ende Klemmen, mittelst welcher zwei, fast eine Linie dicke, Platindrähte horizontal einander gegenüber gestellt waren. Die ebenen Endflächen der Platindrähte waren $\frac{1}{2}$ Linie von einander entfernt. Diese Vorrichtung wurde in den Schliefsungsbogen einer, aus drei Flaschen bestehenden, Batterie eingeschaltet, die stets mit derselben Elektricitätsmenge (14 der früher angegebenen Einheit) geladen war. Ein in der Schliefsung befindliches Thermometer gab die Stromstärke bei der Entladung an. Vor jeder Beobachtung wurden die Elektroden aus dem Wasser genommen, die ein-

ander zugewandten Platinflächen mit Fliefspapier getrocknet und mit Sandpapier gerieben. In der folgenden Tafel sind die einzelnen Beobachtungen verzeichnet, in der Ordnung, in welcher sie erhalten wurden; die erste Spalte giebt das Gewicht des getrockneten Kochsalzes an, das im Wasser gelöst war.

in 7200 Gran Wasser gelöstes Chlornatrium.	Erwärmung im Schliefsungsbogen.						Mittel.
	91	86,5	85,3	70,3	83	71,8	81,3
3 Gran	14,8	15	11,7	9,1	12	13	12,6
6	6	5,7	6	5,7	5,6	6	5,8
9	6,3	7,3	6,8	7,0	7,7	7	7
12	8,7	8,7	9	8,8	9,2	9	8,9
24	15	15	15,3	15	15,2	15,2	15,1
48	24,3	24,6	23,4	23,5	23,8	23,7	23,0

Der Gang der Stromstärke in diesen Versuchen ist sehr auffallend. Im Gegensatze zu der Erfahrung, dafs reines Wasser ein unvollkommener Leiter der Elektricität ist, dessen Leitungsvermögen durch Zusatz von Kochsalz eine grofse Verbesserung erfährt, sieht man in den ersten beiden Reihen durch einen geringen Zusatz von Kochsalz (0,011 Proc.) die Stromstärke von 81,3 zu 12,6 sinken. Die begleitende Entladungserscheinung giebt keinen Aufschluſs über den Grund dieser Abnahme, da sie in beiden Reihen dieselbe war, ein blendender Funke der mit dumpfem Knall durch das Wasser ging. In der dritten Reihe erschien weder Funke noch Geräusch, es war eine sichtliche Aenderung der Entladung eingetreten, und damit ein weiteres Sinken der Stromstärke bis 5,8. Von hier an blieb die Entladungsart die normale, continuirliche, und die mit der Menge des gelösten Salzes steigende Strom-

[illegible] den bisherigen Erfahrungen entsprechend. Betrach-

[illegible] Beobachtungsreihe in umgekehrter Ordnung,

[illegible] angestellt war, so folgt, dafs wenn eine

[illegible] Anhäufung durch eine Salzlösung

Leitungsvermögen durch Entziehung

des gelösten Salzes successiv verringert wird, der Entladungsstrom so lange an Stärke abnimmt, als die continuirliche Entladungsart statt findet. Bei einem gewissen Grade des verminderten Leitungsvermögens der Flüssigkeit wird die Entladungsart geändert, und damit tritt eine Verstärkung des Stroms ein. Bei fortdauernder Verminderung des Leitungsvermögens nimmt auch die Aenderung der Entladungsart zu und der Strom erreicht, wenn das Salz vollständig aus dem Wasser entfernt ist, eine so auffallende Stärke, dafs sie auch der flüchtigsten Beobachtung nicht entgehen kann. Durch die am schlechtesten leitende Flüssigkeit ist in den hier mitgetheilten Versuchen eine Stromstärke hervorgebracht worden, die bei normaler Entladungsart nur durch eine sehr vollkommen leitende Flüssigkeit hätte erzeugt werden können. Während also bei dem metallischen Stromleiter der Wechsel der Entladungsart, bei Verminderung seines Leitungswerthes, nur in der Nichtübereinstimmung der genau ermittelten Werthe der Stromstärke mit den nach den Leitungsgesetzen berechneten hervortrat, ist bei Anwendung eines flüssigen Stromleiters die veränderte Entladung durch die im entgegengesetzten Sinn veränderte Stromstärke unmittelbar deutlich. Aber noch durch einen andern Umstand ist der flüssige Stromleiter zur Demonstration der verschiedenen Entladungsarten besonders geeignet. Wenn bei dem metallischen Stromleiter die Bedingungen zur ungewöhnlichen Entladung vorhanden sind, so ist es nicht möglich, die normale Entladung herbeizuführen, und so direct den Unterschied des Einflusses beider Entladungsarten auf die Stromstärke zu zeigen. Diefs ist bei dem flüssigen Stromleiter sehr leicht, ja es macht sich von selbst, wenn man einen Versuch öfter wiederholt. Ich habe oben bei der Beschreibung der Versuchsweise gesagt, dafs vor jedem Versuche die Elektroden aus dem Wasser gehoben, getrocknet und die einander gegenüberstehenden Platinflächen mit Sandpapier gerieben wurden. Unterläfst man diese Vorsichtsmafsregel nach einem Versuche, der eine Fun-

kenentladung im Wasser gegeben hat, so erscheint bei der Wiederholung des Versuches die Stromstärke gewöhnlich kleiner, aber nach öfterer Wiederholung bleibt der Funke unfehlbar aus. Als die Elektroden im destillirten Wasser stehen blieben, gaben die drei ersten Versuche die Stromstärken 76 67,5 60,8, bei dem vierten und jedem folgenden Versuche wurde weder Funke noch Erwärmung beobachtet. So erhielt ich im Mittel aus mehreren Versuchen, in welchen die Entladung licht- und geräuschlos statt fand in destillirtem Wasser, statt der

Stromstärke . . . . . 81,3 keine wahrnehmbare, in Wasser mit 0,041 Proc. Kochsalz statt der Stromstärke . 12,6 die Stromstärke 3,6

Deutlicher ist der Unterschied der continuirlichen und discontinuirlichen Entladungsart wohl kaum aufzuzeigen. Zugleich ist durch diese Versuche nachgewiesen, dafs bei der Funkenentladung in der schwachen Kochsalzlösung die Entladung, trotz der gleichen Erscheinung, in anderer Weise vor sich geht, als im destillirten Wasser, da durch Verwandlung dieser Entladung in die continuirliche zwar eine grofse Verringerung der Stromstärke bewirkt wurde, diese Verringerung aber viel kleiner war, als im destillirten Wasser. Es fand daher entweder im Salzwasser die Entladung theils continuirlich theils discontinuirlich statt, oder sie bildete, was wahrscheinlicher ist, eine von beiden Arten verschiedene Entladungsart.

Den Grund der merkwürdigen Aenderung der discontinuirlichen Entladung in die continuirliche durch die Wirkung einer vorangegangenen Entladung suchte ich anfangs in der Bildung von Salpetersäure in dem lufthaltigen Wasser, und dem durch Capillaranziehung bewirkten Anhaften derselben an den Elektrodenflächen. Aber dagegen sprach die Erfahrung, dafs die continuirliche Entladung auch nach Verlauf von zwei Stunden statt fand, wenn die Elektroden während der Zeit im Wasser geblieben waren, dafs die Elektroden darin heftig geschwenkt werden durften, und dafs die Erscheinung nicht geändert wurde, wenn auch

das Wasser vor dem Versuche lange Zeit im Kochen erhalten worden war. Es gab kein anderes Mittel, die durch eine vorangegangene Entladung verlorene Funkenentladung wieder zu erhalten, als die Elektroden aus dem Wasser zu nehmen; häufig genügte danach das Trocknen mit Fliefspapier, oder freiwilliges Trocknen, dem die Elektroden einige Zeit lang ausgesetzt wurden, unfehlbar aber wirkte das Reiben der Elektrodenflächen mit Sandpapier. Der Grund der Hinderung der Funkenentladung war demnach zu suchen in dem Zustande der Reinheit, den nach Faraday's schöner Entdeckung die Elektroden annehmen, die einen voltaischen Strom in eine zersetzbare Flüssigkeit leiten, wonach die veränderten Metallflächen vollständig von der Flüssigkeit genäfst werden (*experim. research.* 588. 633). [1]) Hatte eine solche Aenderung des Oberflächenzustandes der Elektroden auch durch den Entladungsstrom der leydener Batterie statt gefunden, so diente das Abreiben mit Sandpapier dazu, den früheren Zustand der Oberfläche wiederherzustellen, und das Benässen durch die Flüssigkeit zu erschweren. Hierzu gab es aber ein einfacheres Mittel: das Bestreichen der Elektroden mit Olivenöl; und diefs bewährte sich auf das Vollkommenste. An den Platinelektroden, welche, nach vorangegangenen Entladungen nur die continuirliche Ladung gestatteten und daher im Thermometer keine merkliche Erwärmung hervorbrachten, wurden die Endflächen mit einer dünnen Oelhaut bekleidet, indem sie mit einem frisch geölten Papiere gerieben wurden. In das Wasser gebracht, gaben diese Elektroden in zehn kurz nach einander angestellten Versuchen die Funkenentladung, und dabei wurden im Thermometer folgende, durch ihre Uebereinstimmung bemerkenswerthe Stromstärken beobachtet: 91 89 85 86 84 84 82 86 89 83. Hierauf wurden die Elektroden aus dem Wasser genommen und mit Fliefspapier von ihrer Oelhaut befreit. Die nächsten drei Beobachtungen gaben die Stromstärken 71,5 0 0; in den beiden letzten Fällen war wiederum die normale Entladung eingetreten. Die Oelhaut wirkt eine längere

1) Ann. Bd. 33, S 158 und 177. P.

Zeit hindurch, wird aber durch wiederholte elektrische Entladungen entfernt. Ich liefs die mit Oel bestrichenen Elektroden im Wasser, und entlud durch sie die Batterie in langen Zwischenräumen. Nach der zehnten Entladung, die 70 Stunden nach der ersten statt fand, blieb die Wirkung des Oeles aus. Die Wirksamkeit des Oels wird noch viel auffallender, wenn man sie unter Umständen prüft, die sonst keine Funkenentladung zulassen. Es ist seit Cadogan Morgan's Versuchen bekannt, dafs, um bei gegebener Entfernung der Elektroden Funken in einer Flüssigkeit zu erzeugen, eine desto stärkere Ladung der Batterie erfordert wird, je besser leitend die Flüssigkeit ist. In den oben mitgetheilten Versuchen war die Dichtigkeit der Elektricität so gewählt, dafs nur in der schwächsten Salzlösung eine discontinuirliche Entladung stattfand. Es war daher bei Anwendung der stärkeren Salzlösungen kein Funke erschienen. Als hingegen die Flächen der Elektroden mit einer Oelhaut bedeckt wurden, erhielt ich Funken in allen angewandten Lösungen [1]). Der Unterschied der Stromstärken bei continuirlicher und discontinuirlicher Entladung war desto geringer, je concentrirter die Lösung war, was dahin deutet, dafs es mehr und weniger discontinuirliche Entladungen giebt. So fand ich

	continuirliche		discontinuirliche Entl.	
bei Wasser mit 0,16 Proc.				
Kochsalz die Stromst.	7,3	7,3	43	40,7
bei Wasser mit 0,66 Proc.				
Kochsalz die Stromst.	20	19,6	26,7	31,7

Diese Versuche, die weiter auszuführen, hier nicht der Ort ist, bestätigen auf lehrreiche Weise die Vermuthung, die ich früher (Pogg. Ann. 78, 445) über den Mechanismus der discontinuirlichen Entladungsart geäufsert habe.

1) Noch wirksamer als Olivenöl ist starres Fett. Als die Flächen der Elektroden mit Butter oder Schweineschmalz bestrichen waren, ging die hier gebrauchte Ladung der Batterie in Funken durch eine Salzlösung mit 9,4 Proc. Kochsalz (eine stärkere Lösung habe ich nicht versucht). Der Funke war röthlich und das ihn begleitende Geräusch schwach.

Das Wesen dieser Entladungsart wurde dahin bestimmt, dafs die Entladung, die bei der normalen Art von einem Querschnitte des Stromleiters zu dem nächst folgenden continuirlich fortschreitet, an einem Querschnitte stockt, der dadurch eine gröfsere elektrische Dichtigkeit erhält, als früher, und dafs sich in Folge davon die Entladung von diesem Querschnitte zu einem entfernter liegenden stofsweise fortpflanzt. Bei grofser Dichtigkeit der in der Batterie angehäuften Elektricität findet diese Entladungsweise in jedem Körper unbedingt statt. Wir sehen nun in den mitgetheilten Versuchen die Bedingung zu dieser Entladung in destillirtem Wasser durch die Dichtigkeit der angehäuften Elektricität gegeben, aber dennoch die Entladung nicht statt finden, wenn nicht eine äufsere Veranlassung des Stockens der Entladung hinzukommt. Diese in gewisser Beziehung zufällige Veranlassung giebt die vorhandene Unreinheit der Elektrodenflächen, derzufolge diese Flächen mit dem nächsten Querschnitte der Flüssigkeit nicht in unmittelbare Berührung kamen. Wird diese Veranlassung durch eine Wirkung der discontinuirlichen Entladung selbst gehoben, kommt die Elektrode in innige Berührung mit der Flüssigkeit, so tritt wieder die continuirliche Entladung ein. Ein weit kräftigeres Hindernifs für die Fortschreitung der Entladung, als die natürliche Unreinheit der Metallfläche, und daher eine wirksamere Einleitung der discontinuirlichen Entladung, bietet der dünnste Ueberzug mit einer Oelhaut, wobei es sehr merkwürdig ist, dafs auch in den Salzlösungen, für welche die gebrauchte Dichtigkeit der Ladung tief unter der Gröfse stand, mit welcher die Entladung in der Lösung intermittiren würde, eine discontinuirliche Entladung eintrat, wenn die Oelhaut das erste Stocken der Entladung veranlafst hatte. Diese Thatsache schliefst sich der früher von mir angeführten Erfahrung an, dafs wenn eine in Luft intermittirende Entladung (ein Funke) eine Metallfläche trifft, die Entladung auch noch in einer mefsbaren Tiefe im Metalle discontinuirlich stattfindet, wie sich an der daselbst nach längerer Einwir-

kung sehr deutlichen Veränderung des Metalles zeigen läfst. Auch scheint mir damit, wie hier beiläufig erwähnt wird, die Ursache von Erscheinungen deutlich zu werden, die andern Gebieten der Elektricitätslehre angehören. An einer mächtigen voltaischen Batterie, wie mir Hr. Magnus vor längerer Zeit zu zeigen die Güte hatte, ist ein mit dem einen Pole verbundenes Geldstück leicht zu schmelzen, wenn demselben das Ende des andern Poldrahts bis zu einer kleinen Entfernung genähert wird. An einem Magneto-Inductionsapparate kann man sich leicht davon überzeugen, dafs von zwei dünnen in der inducirten Schliefsung eingeschalteten Platindrähten, das Ende des einen (mit dem negativen Pole verbundenen) Drahtes zum Glühen und Schmelzen kommt, wenn es etwa $\frac{1}{10}$ Linie von dem andern Drahtende entfernt ist, während beide Drähte dunkel bleiben bei Berührung ihrer Enden. Ich glaube, dafs in diesen Versuchen der Luftzwischenraum dieselbe Rolle spielt, wie die Oelhaut in den Versuchen an der leydener Batterie. So wie eine elektrische Ladung, die in einer Salzlösung continuirlich entladen würde, durch die Oelhaut an den Elektrodenflächen veranlafst wird, discontinuirlich überzugehen, so wird in den Schmelzversuchen der Luftraum zwischen den Elektroden die Veranlassung einer discontinuirlichen Entladung in der nächsten Metallstrecke, und in Folge davon des Glühens und Schmelzens derselben.

Aenderung der Entladung durch verdünnte Luft.

Es ist lange Zeit eine Streitfrage gewesen, die viele zum Theil schwierige Versuche veranlafst hat, ob die Luft durch Verdünnung an Leitungsvermögen für Elektricität gewinne oder verliere. Die Schwierigkeit der Beantwortung dieser Frage entstand dadurch, dafs die Verschiedenheit der elektrischen Entladung nicht berücksichtigt wurde. Die Luft hat in Bezug auf die continuirliche, lichtlose, Entladung, die gewöhnlich Zerstreuung der Elektricität genannt wird, ein sehr geringes Leitungsvermögen, dafs mit Verdünnung der Luft abnimmt. Aber die discontinuirliche,

leuchtende, Entladung kommt in Luft leicht zu Stande, leichter als in Wasser und Metall, und zwar um desto leichter, je dünner die Luft ist. Eine Elektricitätsmenge von gegebener Dichtigkeit, die in einem Luftraum von gewöhnlicher Dichte nur die Zerstreuung erfährt, kann bei Verdünnung der Luft entladen werden, wenn durch diese Verdünnung die Entladungsart verändert wird. Dieser sehr bekannte Fall ist ganz analog dem im vorigen Abschnitte behandelten, wo in einer starken Salzlösung die Entladung continuirlich erfolgte, und discontinuirlich in einer verdünnten Lösung. Aber bei der Luft tritt noch die Verwickelung hinzu, dafs es nicht nur verschiedene Arten der discontinuirlichen Entladung giebt, die je nach der Verdünnung der Luft wechseln, sondern dafs, bei gewisser Beschaffenheit der Elektrode, die Entladungsart durch die Richtung des zu entladenden Stromes bedingt wird. Von den verschiedenen discontinuirlichen Entladungen in Luft werden die sogenannten Funken-, Büschel- und Glimm-Entladungen in verschiedenen, und zwar in dieser Ordnung zunehmenden Zeiten ausgeführt, so dafs, wenn eine gegebene Elektricitätsmenge durch Funken entladen wird, im Schliefsungsbogen die stärkste, wenn durch Glimm-Entladung, die schwächste Stromstärke bemerkt wird. Wenn ein Schliefsungsbogen durch einen Luftraum von gewöhnlicher Dichte unterbrochen ist, den die angewandte elektrische Ladung unter Funkenerscheinung durchbricht, so ist die Stromstärke nur wenig geringer, als wenn der Luftraum fehlt. Bei allmählicher Verdünnung der Luftmasse würde die Stromstärke zunehmen, wenn nicht diese Verdünnung zugleich bewirkte, dafs die Funkenentladung in eine andere Entladungsart übergeht, die eine geringere Stromstärke zur Folge hat. Je nach Gestalt und Entfernung der Elektroden überwiegt bei gegebener Luftdichte die eine oder andere Wirkung auf die Stromstärke, die aber, selbst bei grofsen Unterschieden der Luftdichte, sehr klein bleibt und nur einer Reihe von Beobachtungen entnommen werden kann. Wenn hingegen bei fortgesetzter

Verdünnung, was unter gewöhnlichen Umständen stets geschieht, die Glimmentladung eintritt, so ist damit eine niemals zu verkennende Schwächung der Stromstärke gegeben. Dieser Gang der Stromstärke bei dem Durchbrechen einer Luftschicht verschiedener Dichte durch eine constante Batterieladung ist in der folgenden Versuchsreihe sichtbar, welche der bequemeren Ausführung wegen, in umgekehrter Ordnung angestellt worden ist. Es wurde mit der gröfsten Luftverdünnung begonnen und so lange mit Zulassen von Luft fortgefahren, als die Ladung leuchtend überging. Die Batterie bestand aus drei Flaschen, die stets mit der Elektricitätsmenge 10 der früher angegebenen Einheit geladen wurde. Die Elektroden waren Messingkugeln von $4\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser, die 5 Linien von einander entfernt, an Messingstielen in einem Glascylinder von $3\frac{3}{4}$ Zoll Höhe, 1 Zoll $5\frac{1}{2}$ Linie Weite einander gegenüberstanden. Die Stromstärken sind Mittel aus drei Beobachtungen des Thermometers.

Quecksilberdruck der Luft. Linien	1	5	10	20	40	60	80	100.
Stromstärke im Schliefsungsbogen	29,2	34,2	36,6	37,8	39,5	37	38,5	keine Entl.

Bei Veränderung der Luftdichte von 80 bis 20 Lin. Druck erlitt die Stromstärke im Schliefsungsbogen eine nur geringe Aenderung, nahm dann stetig ab, und wurde bei Verminderung des Druckes von 5 bis 1 Lin. bedeutend verringert. Diese Schwächung war noch etwas gröfser, als sie erschien, da nur bei 1 Lin. Luftdruck die Batterie vollständig entladen wurde und bei den übrigen Versuchen ein kleiner Rückstand darin blieb. Dafs die Abnahme der Stromstärke mit Verdünnung der Luft wirklich der Aenderung der Entladungsart zuzuschreiben ist, und nicht durch die Annahme eines abnehmenden Leitungsvermögens der Luft erklärt wird, läfst sich leicht zeigen. Wäre diese Annahme begründet, so müfste derselbe Gang der Stromstärke bemerkt werden, was auch für Elektroden angewendet würden. Ich nahm zur oberen Elektrode einen Platindraht von $\frac{1}{2}$ Millimeter

Dicke, der durch die Deckplatte des Glascylinders hindurch ging und in der Fläche der Platte endigte, so dafs nur ein Querschnitt des Drathes mit der Luft im Cylinder in Berührung kam. Eine gleiche Elektrode wurde angebracht an einer Glasscheibe von 1 Zoll Durchmesser, die auf dem untern Metallstiele im Cylinder befestigt wurde. Die Entfernung der beiden kleinen Platinflächen von einander, zwischen welchen die Entladung durch Luft statt fand, betrug 5 Linien, die Ladung der Batterie war die frühere.

Quecksilberdruck der Luft. Linien	1	5	10	20	40
Stromstärke	35,3	36,2	35,4	35,6	34,8
Quecksilberdruck. Linien	80	120	160	200	240
Stromstärke	33,7	33,8	33,8	32	keine Entl.

Die Stromstärke, die bei 200 Linien Druck 32 betrug, stieg durch Verdünnung der Luft, und betrug bei 1 Linie Druck 35,3, sie befolgte also den entgegengesetzten Gang von dem in der vorigen Reihe. Der Grund hiervon giebt die Erfahrung, die ich in den Berichten d. Akad. 1855, S. 400 mitgetheilt habe [1]), dafs keine glimmende Entladung statt findet, wenn in sehr dünner Luft die negative Elektrode eine geringe Ausdehnung besitzt. Es fiel demnach hier die Bedingung der Schwächung des Stromes fort: die Verwandlung der Funken-Entladung in die glimmende. Dieser, je nach der Gröfse der negativen Elektrode, entgegengesetzte Einfluſs der Verdünnung der Luft auf die Stromstärke läfst sich bequemer aufzeigen, wenn man zwei verschieden grofse Elektroden anwendet, und die Entladung abwechselnd in entgegengesetzter Richtung durch den Cylinder gehen läfst. Es wurde zur oberen Elektrode die kleine Platinfläche in der Deckplatte des Cylinders, zur unteren die früher gebrauchte Messingkugel genommen, zwischen beiden ein Zwischenraum von 5 Linien gelassen. Die Ladung der Batterie war die frühere. Bei jeder Luftdichte wurde der Cylinder geschlossen, auf eine isolirende Platte gestellt, und das Innere der Batterie erst mit der oberen, dann mit der unteren Elektrode in Verbindung

1) Ann. Bd. 96, S. 190.

gesetzt. Folgende sind die aus drei Beobachtungen hergeleiteten Stromstärken.

Luftdruck in Linien		1	5	10	20	40
Stromstärke bei positiver	Fläche	23,4	26,9	30,9	30,4	30,2
» » »	Kugel	32,5	32,2	31	30,3	29,6
Luftdruck in Linien		80	120	160	200	
Stromstärke bei positiver	Fläche	30	30,3	30,7	keine Entl.	
» » »	Kugel	30,4	30,5	30,6	keine Entl.	

Durch Verdünnung der Luft ist die Stromstärke 30,7, bei positiver Fläche bis 23,4 geschwächt, bei positiver Kugel bis 32,5 gestärkt worden. Eine Folge hiervon ist die in meiner früheren Mittheilung untersuchte grofse Differenz der Stärke eines Entladungsstromes, wenn seine Richtung in sehr dünner Luft gewendet wird. Diese Differenz ist je nach der Entfernung der Elektroden nur bis zu einer gewissen Luftdichte merklich; hier ist sie schon bei Luft von 10 Linien Druck nicht mehr sichtbar, während sie in dem früher gegebenen Beispiel, wo die Elektroden 10 Linien von einander entfernt waren, erst bei 30 Linien Druck verschwand.

Der oben angeführte Satz, dafs die discontinuirliche Entladung in verdünnter Luft leichter als in Metall zu Stande kommt, wird durch folgende Versuche bewiesen. In dem bisher gebrauchten Glascylinder wurden die Elektroden durch einen 2 Zoll langen 0,119 Linie dicken Platindraht mit einander verbunden, und bei möglichst verschiedener Dichtigkeit der Luft im Cylinder die Stromstärken im Schliefsungsbogen bestimmt, welche durch Entladung von vier Flaschen erhalten wurden. Die Flaschen wurden mit verschiedener Elektricitätsmenge geladen; neben der beobachteten Erwärmung ist die berechnete (a) angegeben, die für die Einheit der Ladung gilt.

	Luftdruck $27\frac{3}{4}$ Zoll.		Luftdruck 1 Linie.	
Elektricitätsmenge.	Erwärmung	a.	Erwärmung	a.
12	24,8	0,69	26	0,72
16	42	0,66	41,6	0,65
20	65,5	0,66	66,7	0,67
24	96,6	0,67	97,5	0,68
	Mittel	0,67	Mittel	0,68.

Die beiden Mittel der Erwärmung zeigen, dafs die Stromstärke im Schliefsungsbogen nicht wesentlich verschieden war, der eingeschaltete Platindraht mochte in Luft von gewöhnlicher Dichte oder von einer Linie Quecksilberdruck stehen. Wie die Werthe von a lehren, war auch die stärkste der angewandten Ladungen noch mit continuirlicher Entladung durch den Draht gegangen. Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, wird der Unterschied der Stromstärken sehr grofs, je nachdem die den Draht umgebende Luft dicht oder dünn ist. Um, wie überall in dieser Abhandlung, bei zu vergleichenden Versuchen die Ladung der Batterie constant erhalten zu können, wurde der Platindraht im Glascylinder durch einen dünneren ersetzt (0,042 Linie Dicke). Die Wiederholung der vorigen Versuchsreihe gab folgende Stromstärken.

	Luftdruck $27\frac{3}{4}$ Zoll.		Luftdruck 1 Linie.	
Elektricitätsmenge.	Erwärmung[1])	a.	Erwärmung	a.
12	19,7	0,55	19,4	0,54
16	32,1	0,50	34,5	0,54
20	44,5	0,45	62,7	0,63
24	55	0,38	104	0,72.

Die stetig abnehmenden Werthe von a für die Versuche bei vollem Luftdrucke lehren, dafs hier die Entladung discontinuirlich geschah, wie auch der Anblick des Drahtes lehrte, der bei Entladung der Elektricitätsmenge 24 dunkel glühte. War die den Draht umgebende Luft bis 1 Linie Druck verdünnt, so ergab die erste Beobachtung dieselbe Stromstärke, wie vorher, zum Zeichen dafs hier noch die continuirliche Entladungsart stattfand; bei den folgenden Versuchen nahm die Stromstärke bedeutend zu und

1) Beiläufig sey bemerkt, dafs hier nur die Verhältnisse der Erwärmungen bei dünner und dichter Luft, nicht die Erwärmungen selbst mit denen der vorigen Tafel verglichen werden dürfen. Diese wurden zwar an demselben Thermometer beobachtet; es hatte aber zu seinem Schutze an den Schliefsungsbogen ein Kupferzweig angelegt werden müssen, der das Thermometer umgab. Der Zweig hatte bei den Versuchen der vorigen Tafel 29 Zoll Länge bei $\frac{3}{8}$ Linie Dicke, bei den hier angeführten 45 Zoll Länge bei $\frac{13}{24}$ Linie Dicke.

erreichte in der letzten Beobachtung fast das doppelte des früheren Werthes. Die gröfsere Stromstärke konnte nur dadurch herbeigeführt seyn, dafs die Entladung gleichzeitig durch den Metalldraht und die ihr umgebende dünne Luft statt fand, wie auch der Augenschein darthat. Es folgt hieraus, dafs so lange eine gegebene Elektricitätsmenge sich in einem Drathe continuirlich fortpflanzt, die Entladung nur durch den Draht geschieht, und die ihm umgebende dünne Luft sich als Isolator verhält; dafs hingegen, wenn die Entladung im Drahte discontinuirlich geschieht, sie auch in einer Zweigbahn durch die Luft geht, diese also die Rolle eines Leiters spielt. Hierdurch ist auch die von Harris gemachte Erfahrung erklärlich, dafs es einer viel gröfseren Ladung der Batterie bedarf, um einen Draht in dünner, als in dichter Luft zum Glühen und Schmelzen zu bringen. Als die Elektricitätsmenge 28 durch den zuletzt gebrauchten Draht in dünner Luft entladen wurde, erschien der Glascylinder mit Licht erfüllt, und der Draht blieb, bis auf eine schwache Einbiegung, unversehrt. Als ich den Versuch bei vollem Luftdrucke wiederholte, wurde der Draht hellglühend in mehrere Stücke zerrissen.

Die Versuche dieser Abhandlung sind möglichst einfach gehalten, und deshalb die Aenderungen der Entladungsart allein durch Dicke und Beschaffenheit der Stromleiter bewirkt worden. Zum Schlusse will ich einen zwar verwickelten und keiner Genauigkeit fähigen, aber in mehrfacher Beziehung lehrreichen Versuch beschreiben, in welchem die Entladungsart in freier Luft durch den Abstand der Elektroden geändert wird. Dafs bei constanter Dichtigkeit der Luft die Entladungsart und Stromstärke geändert wird durch die Entfernung der Elektroden, ist an der Batterie mit Hülfe von zwei Metallspitzen zu zeigen, die in freier Luft in den Schliefsungsbogen eingeschaltet und in verschiedenen Abstand von einander gebracht werden. An dem Conductor der Elektrisirmaschine bedient man sich zu gleichem Zwecke einer stumpfen Metallspitze, die dem Conductor genähert und durch einen Draht, in den ein elektrisches Thermo-

meter eingeschaltet ist, mit der Erde verbunden wird. Besonders auffallend wird aber dieser Versuch, wenn man dabei die Erfahrung benutzt, die Grofs gemacht, und nach sorgfältiger Beobachtung in einer eigenen Schrift [1]) beschrieben hat, derzufolge man von dem Conductor mittels eines eigenthümlich geformten Metallstückes kurze und lange Funken erhält, aber keine von dazwischen liegender Länge. Ich schraubte an das Ende des Conductors einer Elektrisirmaschine einen im Winkel gebogenen Messingdraht, dessen freier, 8 Zoll langer, $2\frac{1}{3}$ Linie dicker, Schenkel horizontal lag und mit einer Messingkugel von 1 Zoll Durchmesser endigte. In der Verlängerung des horizontalen Schenkels war ein $2\frac{1}{3}$ Linie dicker Messingdraht in einer Metallhülse verschiebbar und endigte, der Kugel gegenüber, in einem Metallstück, das die Form eines geraden Cylinders hat, auf den ein abgestumpfter gleichseitiger Kegel aufgesetzt ist. Der cylinderförmige Theil des Metallstückes ist $8\frac{1}{2}$ Linie breit, $2\frac{1}{4}$ Linie hoch, die Seitenlinie des abgestumpften Kegels beträgt $7\frac{1}{4}$ Linie, der Durchmesser des Abstumpfungskreises $1\frac{1}{4}$ Linie. Die Metallhülse war auf einem Glasstabe an der Kante eines Tisches befestigt, so dafs der Raum zwischen der Kugel und dem Metalsstücke von dem Tische entfernt war. Von der Hülse war ein Draht, in den ein elektrisches Thermometer eingeschaltet war, zu der allgemeinen Ableitung geführt, mit der auch das Reibzeug der Maschine verbunden war. Die Maschine wurde gleichförmig so lange gedreht, bis die Flüssigkeit im Thermometer ihren tiefsten Stand erreicht hatte. Ich erhielt in einer Versuchsreihe die folgenden Werthe der Erwärmung bei allmählich vergröfserter Entfernung des beschriebenen Metallstückes von der Kugel am Conductor.

Entfernung der Elektroden. Zoll	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{2}$	2
Erwärmung	10	7	2	0	0	0
Entfernung der Elektroden. Zoll	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{2}$	4	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$
Erwärmung	4	10	9	9	4	0

1) Elektrische Pausen von Johann Friedrich Grofs. Leipzig 1776.

Diese bei zunehmender Entfernung der Elektroden beobachteten Erwärmungen (deren absolute Zahlenwerthe begreiflich nur als ein Beispiel gegeben sind und mit der Wirksamkeit der Maschine variiren) befolgen einen sehr auffallenden Gang. Wenn die Funken zwischen zwei Kugeln übergehen, so nimmt bis zum Abstande der Kugeln von 1 Zoll, die Erwärmung im Drathe eher zu als ab, weil mit vergrößertem Abstande die übergehende Elektricität zwar an Menge geringer wird, aber an Dichtigkeit zunimmt. Hier sieht man in den ersten drei Beobachtungen die Erwärmung schnell sinken, zum Zeichen, daſs die Entladungsart, der erscheinenden Funken ungeachtet, sich immer mehr der Büschelentladung nähert. Bei 1 Zoll Abstand erscheint diese Entladungsart auch dem Auge, und damit hört jede Spur von Erwärmung auf. Das Ausbleiben von Funken und Erwärmung dauert bei $1\frac{1}{4}$ und 2 Zoll Abstand fort. Bei $2\frac{1}{4}$ Zoll tritt wieder die Funkenbüschel-, und bei 3 Zoll die reine Funken-Entladung ein, die bis 4 Zoll die beobachteten Erwärmungen erklärt. Man hat also hier das überraschende Beispiel, daſs bei fortdauernd steigender Entfernung der Elektroden die Funken- in die Büschel-Entladung und diese wiederum in jene übergeht. Verwickelt sind die Versuche dadurch, daſs sie durch die specielle Anordnung der Elektricität auf der Kugel bedingt sind, welche durch die Nähe des gerade so und nicht anders abgestumpften Kegels hervorgebracht wird, und bei verschiedener Entfernung der Elektroden eine sehr verschiedene ist. Aendert man bei einer Entfernung, welche die Büschel-Entladung geben, die elektrische Anordnung auf den Elektroden durch Annäherung eines Leiters, so wird damit die Entladungsart und die Erwärmung geändert. Aus diesem Grunde konnte Grofs bei den Entfernungen der Elektroden, welche keine Funken gaben, diese wieder erhalten, wenn er einen fremden Körper in die Nähe des Schlagraumes brachte. In den oben mitgetheilten Versuchen wurde bei Entfernung der Elektroden von 1 Zoll keine Erwärmung erhalten. Als ich ein kleines Brett in dem Abstande von 2 Zoll unter

dem Schlagraume befestigte, wurde im Thermometer eine Erwärmung von 7 Linien beobachtet. Die Büschel-Entladung war in eine aus Büscheln und Funken zusammengesetzte Entladung übergegangen.

V. *Versuche über die Unterscheidung differenter Schallstärken;*

von Th. Renz und Aug. Wolf,
Med. stud. in Tübingen.

(Mitgetheilt aus dem Archiv für phys. Heilkunde.)

Während verschiedene Angaben über unser Vermögen, einander naheliegende *Tonhöhen* (also die Schwingungszahlen tönender Körper) zu unterscheiden, vorliegen, fehlen noch Versuche über die Feinheit unseres Unterscheidungsvermögens für einander nahe stehende Ton- (Schall-) *stärken*, mit andern Worten, für die Intensitätsunterschiede der Stöfse, welche das Gehörorgan treffen. Durch Hrn. Prof. Vierordt aufgefordert, unternahmen wir es in dieser Richtung zu experimentiren.

Die in jeder Beziehung beste Methode wäre, wenn es gelänge, Töne von verschiedener aber naheliegender Intensität so hervorzubringen, dafs diese Intensitäten objectiv genau gemessen werden könnten. Allein die Schwierigkeiten, dieser Forderung zu genügen, sind für alle und jede Gattung von Tonwerkzeugen so grofs, ja unübersteiglich, dafs wir auf dieses Verfahren verzichten mufsten. — Es ist hiemit freilich die Aufgabe und die Bedeutung der Versuchsresultate etwas verändert, denn es versteht sich, dafs das, was für die Feinheit unseres Unterscheidungsvermögens hinsichtlich naheliegender *Tongröfsen* [1]) gilt, durchaus nicht

1) In der Tonscale selbst werden wiederum Differenzen hinsichtlich der Feinheit unseres Unterscheidungsvermögens naheliegender Tonstärken vor-

in gleicher Weise für *Schall*gröfsen gelten kann, und am wahrscheinlichsten ist wohl die Vermuthung, dafs unser diefsfallsiges Unterscheidungsvermögen für Töne weit feiner sey; denn der Ton ist ein elementarer und darum viel leichter auffafsbarer Oscillationsvorgang, während die Schalle und Geräusche sehr verwickelte Vibrationserscheinungen darstellen.

Um nun Schalle von verschiedenen aber naheliegenden und objectiv mefsbaren Intensitäten zu erzeugen, ist gewifs die einfachste und sicherste Methode die: dafs man *dieselbe* Schallquelle von constanter Intensität benutzt, sie aber in verschiedene genau zu messende Abstände vom Ohr bringt. Hiezu wählten wir am Besten das Tiktak der Taschenuhr, dessen Stärke zwar innerhalb gröfseren Zeiten, niemals aber — *worauf es bei unseren vergleichenden Messungen allein ankommt* — innerhalb weniger Sekunden variirt. Leider ist es uns nicht möglich gewesen einen guten Chronometer zu unsern Versuchen benutzen zu können, dessen Schallstärke viel constanter seyn mufs als bei einer gewöhnlichen Taschenuhr.

Für die Versuche gab uns Hr. Prof. Vierordt folgenden Apparat an: Ein horizontales 175 Centimeter langes und 14 Centimeter breites Brett ist auf seiner Oberseite mit einer 9 Centimeter breiten Längsrinne versehen, in welcher ein unten und an den Seiten mit Tuch umlegter gut anschliefsender Schieber von Holz sich bewegen läfst. Der Schieber trägt einen senkrechten Stab ebenfalls aus Holz, dessen oberes Ende auf der Vorderseite gut gepolstert ist. Auf diesem Polster ruht die Taschenuhr. — Mit dem einen Ende des horizontalen Brettes ist fest verbunden ein senkrechtes Brett, in dessen oberem Theil ein Loch (Ohrloch) viel weiter als das äufsere Ohr, sich befindet. Der Gehörgang des Hörenden fällt in die Mitte dieses Loches. Für möglichst bequeme Anlegung des Kopfes an das Ohr-

kommen; und zwar wahrscheinlich zu Gunsten der höheren Töne, von denen aufserdem bekannt ist, dafs wir ihre kleinsten Tonstärken leichter noch wahrnehmen können, als diefs uns möglich ist bei tieferen Tönen.

loch ist durch ein Polster gesorgt. Aufserdem ist das Brett selbst auf der der Uhr zugewandten Seite gepolstert. Störende Schallleitungen und Schallreflexe werden somit durch die verschiedenen Polster hinlänglich verhütet. — Vor dem Versuch erhält das Ohr die richtige Lage. Ein senkrechter und ein horizontaler Faden kreuzen sich in der Mitte des Ohrlochs. Der Kopf des Hörenden wird derartig gestellt, dafs die Mitte der Mündung seines äufseren Gehörganges horizontal genau gegenüberliegt der Kreuzungsstelle der Fäden. Dasselbe ist der Fall mit dem Mittelpunkt der Uhr. Aeufserer Gehörgang, Kreuzungspunkt der Fäden und Mitte der Uhr liegen somit in derselben horizontalen Linie, was von der Uhr auch dann noch gilt, wenn sie vom Ohr weiter entfernt wird. Die Fäden werden zurückgeschlagen und die Uhr durch Verschieben ihres Stativs in den gehörigen Abstand vom Ohr gebracht. Wesentlich ist eine während der Versuche genau gleichbleibende Stellung des äufsern Gehörganges zur Uhr. Zu diesem Behufe ist ein um eine horizontale und verticale Axe drehbares Spiegelchen dem Gesichte des Hörenden gegenüber angebracht. Auf dem Spiegelchen sind zwei Punkte bezeichnet. Der Hörende hatte während des Versuchs die Aufgabe, mit zwei bestimmten Stellen des Spiegelbildes seines Antlitzes die beiden markirten Punkte des Spiegels zu decken. Damit war also für gleichbleibende Stellung des äufsern Gehörganges gegenüber der Schallquelle in untadelhafter Weise gesorgt. — Neben der Rinne des horizontalen Brettes war eine Scale angebracht, um den Abstand der Uhr vom Kreuzungspunkt der Fäden im Ohrloch zu messen. Der Kreuzungspunkt war bei uns beiden 20 Millimeter vom Eingang des Gehörgangs entfernt. Die Werthe der Scale wurden in Abständen der Uhr von der Mündung des äufseren Gehörganges aufgetragen. Unter der richtigen Voraussetzung, dafs das Tiktak der Uhr in den Zeiträumen von wenigen Sekunden in seiner Stärke nicht variire, können somit durch Verschiebung der Uhr, was sich im Moment bewerkstelligen läfst, die Gröfsen der das Ohr treffenden Schalle will-

kürlich verändert und dieselben zugleich nach ihrem relativen Werth gemessen werden. Die das Ohr treffenden Schallgröfsen verhalten sich nämlich bei gleicher Stärke der Schallquelle umgekehrt wie die Quadrate der Abstände der Schallquelle von der Mündung des äufseren Gehörganges [1]). Diefs gilt, wie die Theorie verlangt, streng genommen, nur von homocentrischen Schallen, welche Bedingung unsere Versuche nicht erfüllen; der dadurch gesetzte Fehler in der Berechnung der Schallgröfsen bei verschiedenen Abständen der Uhr kann übrigens in unserem Fall vernachlässigt werden.

Die Versuche wurden nun in folgender Weise angestellt. Der Kopf wurde, wie angegeben, fixirt, eine vor das Ohrloch gehaltene und das Tiktak unvernehmbarmachende Pappscheibe schnell entfernt, so dafs das Tiktak der Uhr bei genau gemessenem Abstand der letzteren vom Ohr, jedesmal 5 Sekunden lang gehört wurde. Die Pappscheibe wurde sodann vorgehalten, das Tiktak verschwand; nach einer ganz kurzen, in allen Versuchen gleichen Pause wurde die Pappscheibe nochmals entfernt und der Vergleichsversuch wiederum 5 Sekunden lang angestellt, nachdem zuvor der Assistent den Abstand der Uhr um ein Gewisses verändert. Der Hörende hatte nun zu entscheiden, ob der erste oder zweite Schall stärker sey. Die Antworten vertheilen sich in 1) richtige, 2) falsche und 3) unentschiedene, d. h. solche, in welchen der Experimentirende kein bestimmtes Urtheil abgeben konnte. Man bekommt bald eine solche Fertigkeit, dafs man zwar nicht gegen das Fehlermachen, wohl aber gegen blofses Errathen geschützt ist; man giebt eine bestimmte, auf unmittelbare Empfindungen basirte Antwort und als solche mufs auch das Suspendiren des Urtheils gewissermafsen betrachtet werden.

Wir messen also die relativen Schallstärken in je zwei Vergleichsversuchen. Von Interesse wäre nun freilich, wenn

1) Eine einfache Ueberlegung zeigt, dafs, beim Hören in der Luft, unter Abständen der Schallquelle nur die Entfernung derselben von der Mündung des äufseren Gehörgangs verstanden werden kann.

wir zugleich an unsere Schallquantitäten ein absolutes Maafs (bekanntlich kann nur von einem empirischen die Rede seyn) hätten anlegen können. Diefs wäre nur möglich gewesen, wenn wir eine andere Schallquelle zu unseren Versuchen benutzt hätten; wir hätten damit aber wesentliche Vortheile aufgegeben: namentlich die Einfachheit und Sicherheit der Bestimmungen der relativen Schallstärken und auch wohl die Möglichkeit, die zu hörenden Schalle einige Sekunden hindurch ununterbrochen aufzufassen.

Anfangs hofften wir ein »physiologisches akustisches Einheitsmaafs« in der Art zu erhalten, dafs wir diejenige Schallgröfse als Einheit annahmen, welche bei der stärksten Entfernung der Uhr vom Ohr eben noch bei gespannter Aufmerksamkeit wahrgenommen werden konnte. Diefs war aber aus zwei Gründen nicht möglich. Einmal war eine absolute Ruhe unserer Umgebung, das Abhalten jeglicher anderweitiger Geräusche nicht möglich. Anderentheils fanden wir, dafs das Tiktak an verschiedenen Tagen in verschiedenen Entfernungen zu verschwinden begann. War dieses unerwünschte Ereignifs (abgesehen von der verschiedenen Reizbarkeit des Akusticus) zum Theil auch auf zunehmende Uebung, zum Theil auf Störungen durch fremde Geräusche[1])

1) Darunter verstehen wir nicht sowohl positiv wahrnehmbare, also namentlich abwechselnd auftretende Geräusche, sondern jenen eigenthümlichen, für gewöhnlich nicht recht zum Bewufstsein kommenden, wenn auch für unseren Hörnerven und für das, was wir eben hören, durchaus nicht gleichgültigen Geräuschcomplex, den man als »entfernten Tageslärm« am besten bezeichnen könnte und der jeder Localität einen besonderen Charakter verleiht. Gerade deshalb möchten Versuche über das Vermögen, minime Schallgröfsen noch vernehmen zu können, in Städten schwer ausführbar seyn. Dieser »entfernte Tageslärm« wird von uns nicht oder kaum beobachtet, er möchte fast nur durch seinen Gegensatz eigentlich zum vollen Bewufstsein geführt werden können; in der That ist bei Ascensionen im Luftballon in bedeutender Höhe die »lautlose Ruhe« eins der allerauffallendsten und häufig als wirklich unheimlich beschriebenen Phänomene. Man hat in neuester Zeit öfters Erfahrungen angeführt, dafs (im Gegensatz zu älteren Behauptungen) auf hohen Bergen die Schalle keineswegs schwächer als in der Tiefe vernommen werden. Die sache ist, physikalisch genommen, ein Paradoxon, wenn nicht dar Umgebung den physiologischen Schlüssel zu ihrer Erklärung *würde.*

zu reduciren, so sind doch die Differenzen so grofs, dafs wir zur Annahme gezwungen sind, dafs die Stärke des Tiktak der Uhr in verschiedenen Zeiten erheblich variirte. Aus diesen Gründen konnten wir auch keine Versuche anstellen über die unter verschiedenen physiologischen Bedingungen noch wahrnehmbaren kleinsten Schallgröfsen, wie anfangs von uns beabsichtigt war, noch die zu unseren Vergleichsversuchen verwendeten Schallgröfsen in dem erwähnten »physiologischen Einheitsmaafs« ausdrücken; letztere Bestimmungen würden viel zu geringe Intensitätswerthe ergeben. Wir bemerken, dafs unsere Schalle zwar schwach (das Tiktak verschwand durchschnittlich bei 1000^{mm} Abstand) aber immer vollkommen deutlich wahrnehmbar waren.

Die nachfolgende Tabelle I enthält die Zusammenstellung unserer Versuchsergebnisse. Sie bedarf keiner weiteren Erklärung aufser der Bemerkung, dafs jedesmal die erstgenannte Zahl der Rubrik »Schallstärke« sich auf den zuerst gehörten Schall bezieht.

Tabelle I.

Relative Schallstärke.	Wolf.				Renz.			
	Urtheil			Zahl der Bestimmungen	Urtheil			Zahl der Bestimmungen.
	richtig	unentschieden	falsch		richtig	unentschieden	falsch	
1000 : 915	51,9 Proc.	42,3 Proc.	5,7 Proc.	52	53,8 Proc.	23 Proc.	23 Proc.	26
915 : 1000	65	23,3	11,6	60	76,6	20	3,3	30
1000 : 840	90	8,3	1,6	60	86,6	3,3	10	30
840 : 1000	78,8	11,5	9,6	52	85,4	11,5	3	26
1000 : 774	81,6	11,6	6,6	60	100	—	—	30
774 : 1000	82,7	7,7	9,6	52	96,1	—	3,8	26
1000 : 716	100	—	—	52	100	—	—	26
716 : 1000	100	—	—	60	100	—	—	30
1000 : 918	59,0	27,3	13,6	25	46,1	34,6	19,2	26
918 : 1000	70	26,6	3,3	22	66,6	20	13,3	30
1000 : 846	95,4	—	4,5	22	76,9	7,7	15,2	26
846 : 1000	90	10	—	24	83,3	6,6	10	30
1000 : 782	96,6	—	3,3	30	96,9	3,3	—	30
782 : 1000	63,6	13,6	22,7	22	96,1	3,8	—	26
1000 : 921	54,5	40,9	4,5	22	53,8	38,4	7,7	26
921 : 1000	48,2	24,1	27,6	29	58,3	31,6	10	29
1000 : 852	83,3	10	6,6	30	90	3,3	6,6	30
852 : 1000	70	30	—	20	91,6	8,3	—	24
1000 : 924	63,6	27,3	9,0	22	38,5	34,6	26,9	26
924 : 1000	40	23,3	36,6	30	48,8	28,4	22,7	30

In der nachfolgenden Tabelle II. fassen wir die Ergebnisse kürzer zusammen; aus den relativ sehr nahe liegenden Schallstärken 915, 918, 921 und 924 wurden die Mittel gezogen u. s. w.

Tabelle II.

	Relative Schallstärke	Wolf. Urtheil richtig	Wolf. Urtheil unentschieden	Wolf. Urtheil falsch	Renz. Urtheil richtig	Renz. Urtheil unentschieden	Renz. Urtheil falsch
a	1000 : 919,5	57,2	34,4	8,3	48,0	32,6	19,2
	919 : 1000	55,8	24,3	19,8	62,6	25	12,3
b	1000 : 846	89,6	6,1	4,2	84,5	4,8	10,6
	846 : 1000	79,6	17,1	3,2	86,8	8,8	4,4
c	1000 : 778	89,1	5,8	4,9	98,3	1,6	—
	778 : 1000	73,1	10,6	16,2	96,1	1,9	1,9
d	1000 : 716	100	—	—	100	—	—
	716 : 1000	100	—	—	100	—	—

Vergleichen wir die zwei differenten Schallgröfsen, ohne Rücksicht zu nehmen, ob der erst gehörte Schall der stärkere oder schwächere war — was durch Ziehen von Mittelzahlen aus den Rubriken *a*, *b*, *c*, und *d* der Tabelle II geschieht — so erhalten wir folgende Resultate:

Tabelle II.

Relative Schallstärke	Wolf. Urtheil richtig	Wolf. Urtheil unentschieden	Wolf. Urtheil falsch	Renz. Urtheil richtig	Renz. Urtheil unentschieden	Renz. Urtheil falsch
a 1000 : 919,5	56,5	29,3	14,0	53,3	28,8	15,8
b 1000 : 846	84,6	17,6	3,7	85,6	6,8	7,5
c 1000 : 778	81,1	8,2	10,5	97,2	1,8	1,9
d 1000 : 716	100	—	—	100	—	—

Aus Tabelle III. folgt: Werden zwei Schallgröfsen von absolut jedoch ziemlich schwachen Intensitäten unmittelbar hintereinander wahrgenommen, so wächst die Sicherheit des Urtheils mit zunehmender Differenz der Schallstärken in der Art, dafs Schallgröfsen im Verhältnifs von 100:72 unter allen Umständen von einander deutlich unterschieden werden. Bei Schallgröfsen, die sich verhalten wie 100:92, übertrifft die Zahl der richtigen Entscheidungen nur um ein Geringes die Summe der falschen und unentschieden gebliebenen. Beide Beobachter stimmen in Tabelle III in drei Rubriken fast vollständig miteinander überein, blofs Rubrik *c* zeigt bei dem Einen eine sehr entschiedene Anomalie [1]).

Zur schärferen Darstellung der Gesetzmäfsigkeit der Erscheinung reichen unsere Erfahrungen nicht aus; dieses wird einer späteren Forschung gelingen, welche auf eine viel gröfsere Zahl von Versuchen überhaupt, als von Schalldifferenzen insbesondere sich stützt, indem die wenigen, von uns in Anwendung gezogenen Schalldifferenzen noch nicht hinreichen, den Gang der Curve mit Sicherheit festzustellen.

Von Einfluſs auf das Unterscheidungsvermögen scheint der Umstand zu seyn, ob der erstgehörte Schall der stärkere oder schwächere sey. Wir Beide zeigen aber in diesem Betreff wesentliche Unterschiede; ob dieses ein Zufall sey, darüber kann freilich nur durch zahlreichere Versuche an verschiedenen Individuen entschieden werden.

Wolf unterscheidet schärfer, wenn der erstgehörte Schall der stärkere ist (siehe Tabelle II.), während Renz (mit Ausnahme von Rubrik *c*) das entgegengesetzte Verhältnifs zeigt.

Das Unterscheidungsvermögen für verschiedene Schallstärken ist somit sehr erheblich geringer, als für die Schwingungszahlen der Töne und es entspricht somit unser Resultat auch der optischen Thatsache, dafs das photometrische

1) Die Bemerkung mag nicht überflüssig seyn, dafs R. sich mit Musik beschäftigt, W. nicht.

Vermögen der Augen merklich geringer ausgebildet ist, als das Unterscheidungsvermögen für verschiedene Farben [1]).

Es läfst sich endlich voraussehen, dafs das Vermögen, Differenzen von Schallstärken zu unterscheiden, wachsen wird mit zunehmenden Intensitäten der zu vergleichenden Schalle, doch so, dafs (wahrscheinlich ziemlich bald) ein Maximum erreicht werden mufs, von wo ab die Feinheit der Unterscheidung wieder abnimmt. Differenzen recht intensiver Schalle und Töne werden wir deshalb relativ minder gut wahrnehmen, wie dann auch unser Vermögen, naheliegende Lichtstärken zu unterscheiden, bei grelleren Beleuchtungen sehr auffallend abnimmt.

1) Durch einen sehr einfachen Versuch kann man sich sogleich überzeugen, dafs unser Vermögen der Unterscheidung differenter Schallstärken nicht sehr ausgebildet ist. Läfst man nämlich einen kleinen Körper auf eine Glas- oder Metallplatte fallen und dadurch einen Schall erregen, so müssen die Fallhöhen ziemlich stark variiren, um einen merklichen Schallintensitätsunterschied zu geben. Schafhäutl (in den Münchener acad. Denkschriften 1855) hat eine Methode angegeben, die zu genaueren messenden Versuchen in diesem Sinne verwendet werden kann; über die Feinheit des Unterscheidungsvermögens differenter Schallgröfsen äufsert er sich jedoch nicht.

VI. *Ueber die Krystallform des Thialdins und einiger seiner Salze; von C. Rammelsberg.*

Das von Liebig und Wöhler im J. 1847 durch die Wirkung von Schwefelwasserstoff auf Aldehyd-Ammoniak erhaltene Thialdin bildet, aus einem Gemisch von Aether und Alkohol krystallisirt, grofse und schöne Krystalle, welche zum *zwei- und eingliedrigen* System gehören.

Es sind Combinationen eines rhombischen Prismas p, dessen stumpfe Kanten durch a, dessen scharfe durch b gerade abgestumpft sind. Auf a ist eine schiefe Endfläche o aufgesetzt, in deren Diagonalzone ein Flächenpaar q auftritt, während die scharfen Kanten pc durch ein hinteres Augitpaar o' abgestumpft werden, zwischen welchen und o gewöhnlich noch ein zweites $\frac{o'}{2}$ vorkommt.

Nimmt man

$o' = a' : b : c$ $\quad p = a : b : \infty c$ $\quad a = a : \infty b : \infty c$

$\frac{o'}{2} = a' : b : \frac{1}{2}c$ $\quad q = b : c : \infty a$ $\quad b = b : \infty a : \infty c$

$c = c : \infty a : \infty b$,

so ist $a : b : c = 0{,}5337 : 1 : 0{,}9430$, und der Winkel o, welchen die Axen a und c bilden, $= 68° 52'$.

An dem zwei- und eingliedrigen Hauptoctaëder, welches aus o' und einem supponirten vorderen Augitpaar $o = a : b : c$ sich zusammensetzt, würden die Kantenwinkel

$A = 124° 56'$ $\quad C = 73° 25'$

$B = 138\ 32$ $\quad D = 127\ 46$

seyn.

Die berechneten und gemessenen Werthe (die für die Rechnung benutzten bezeichnet) sind:

	Berechnet.	Beobachtet.
$p : p$ an a =	127° 4'	127° 10'
» b =	52 6	
$p : a$ =		*153 32
$p : b$ =	116 28	116 28

	Berechnet.	Beobachtet.
$p : c$ =		*108° 50′
$a : c$ =	111° 8′	110 50
$q : q$ an c =	97 20	
» b =	82 40	
$q : c$ =		*138 40
$q : b$ =	131 20	131 0
$q : a$ =	105 43	
$o' : a$ =	137 32	
$o' : b$ =	117 39	
$o' : c$ =	101 0	100 30 ungef.
$o' : p$ =	150 10	150 0
$\frac{o'}{2} : \frac{o'}{2}$ =	135 18	
$\frac{o'}{2} : a$ =	116 53	
$\frac{o'}{2} : b$ =	112 21	
$\frac{o'}{2} : c$ =	126 7	126 16
$\frac{o'}{2} : p$ =	125 3	
$o' : \frac{o'}{2}$ =	154 53	155 20.

Die Krystalle sind oft in der Richtung der Axe a ausgedehnt, indem sie als rechtwinklige aus den Flächen b und c gebildete Prisma sich darstellen, deren Kanten durch q schief abgestumpft sind.

Ihre Flächen sind zwar glatt, aber wie bei vielen aus flüchtigen Lösungsmitteln anschiefsenden Krystallen nicht sehr glänzend.

Chlorwasserstoff-Thialdin.

Die Krystalle dieser Verbindung, welche ich untersuchen konnte, besafsen keine bedeutende Gröfse, doch liefsen sie sich ziemlich gut bestimmen.

Sie gehören zum *zweigliedrigen* System und stellen fast rechtwinklige rhombische Prismen p dar, deren stumpfe Kanten durch a, und deren scharfe durch b abgestumpft

sind, während eine Zuschärfung q auf letztere aufgesetzt ist.

Betrachtet man p und q als die zugehörigen Paare eines Rhombenoctaëders, oder

$$p = a : b : \infty c \qquad a = a : \infty b : \infty c$$
$$q = b : c : \infty a \qquad b = b : \infty a : \infty c,$$

so ist $a : b : c = 0{,}9827 : 1 : 0{,}6432$

und die Kantenwinkel jenes Octaëders würden

$$2A = 123^\circ\,26' \quad 2B = 122^\circ\,20' \quad 2C = 85^\circ\,6'$$

	Berechnet.	Beobachtet.
$p : p$ an a =	91° 0′	91° 10′
" b =		*89 0
$p : a$ =	135 30	
$p : b$ =	134 30	134 30
$q : q$ an c =		*114 30
" b =	65 30	65 19
$q : b$ =	122 45	122 47
$q : p$ =	112 17	

Die Krystalle sind um und um ausgebildet, und durch Vorherrschen der Fläche a breit, tafelartig, während b zuweilen fehlt. Die Flächen sind ziemlich eben und glänzend bis auf a, welches matt erscheint.

Schwefelsaures Thialdin.

Diese Verbindung ist von Liebig und Wöhler nicht beschrieben worden. Sie wurde direkt erhalten, indem die Lösung von Thialdin in verdünnter Schwefelsäure unter dem Exsiccator dem freiwilligen Verdunsten überlassen blieb.

Die Krystalle sind farblos und durchsichtig, reagiren sauer, lösen sich in Wasser leicht, auch in absolutem Alkohol, nicht aber in Aether auf. Beim Erhitzen schmelzen sie in ihrem Krystallwasser, färben sich gelb und braun, und zersetzen sich. Sie haben kaum einen Geruch; bringt man sie jedoch mit Kali in Berührung, so wird sogleich Thialdin frei.

0,13^{grm} wurden unter den gehörigen Vorsichtsmafsregeln

mit Kupferoxyd verbrannt; nach Absorption der schwefligen Säure durch Bleisuperoxyd wurden 0,128 Kohlensäure = 0,0349 Kohlenstoff, und 0,0795 Wasser = 0,008834 Wasserstoff erhalten.

0,58^{grm} aufgelöst und mit Chlorbaryum gefüllt, gaben 0,513 schwefelsauren Baryt = 0,17607 Schwefelsäure.

Hieraus geht hervor, dafs die Verbindung aus 1 Atom Thialdin, 2 Atomen Schwefelsäure und 2 Atomen Wasser besteht,

$$C^{12}H^{13}NS^4 + 2\ddot{S} + 2aq;$$

		Berechnet.	
12 At.	Kohlenstoff	= 900	= 27,59
13 «	Wasserstoff	= 162,5	= 4,98
1 «	Stickstoff	= 175	= 5,37
4 «	Schwefel	= 800	= 24,52
2 «	Schwefelsäure	= 1000	= 30,65
2 «	Wasser	= 225	= 6,89
		3262,5	100

	Oder	Gefunden.
Kohlenstoff	27,59	26,85
Wasserstoff	5,75	6,79
Schwefelsäure	30,65	30,36.

Den zwischen Papier getrockneten Krystallen hing unstreitig noch etwas Feuchtigkeit an, daher der Ueberschufs im Wasserstoffgehalt.

Die Krystalle sind sehr scharf ausgebildet. Sie gehören gleichfalls zum *zweigliedrigen* System, und stellen Combinationen eines Rhombenoctaëders *o* mit dem ersten und zweiten zugehörigen Paar *p* und *q* dar, so wie mit den Hexaïdflächen *a* und *b*. Durch Vorherrschen von *p* sind sie prismatisch, und durch Ausdehnung von *b* meist tafelartig.

In der Endigung überwiegt die auf *b* aufgesetzte Zuschärfung *q* über die untergeordnet auftretenden Octaëderflächen.

$$o = a:b:c \quad p = a:b:\infty c \quad a = a:\infty b:\infty c$$
$$q = b:c:\infty a \quad b = b:\infty a:\infty c.$$

Das Axenverhältnifs ist hier

$$a : b : c = 0{,}8214 : 1 : 0{,}6494.$$

			Berechnet.	Beobachtet.
o	$2A$	=	126° 0′	126° 0′
	$2B$	=	112 54	112 50
	$2C$	=	91 20	91 0
$p : p$	an a	=	101 12	101 5
	» b	=	78 48	
$p : a$		=	140 36	
$p : b$				*129 24
$q : q$	an c	=	114 0	114 12
	« b	=	66 0	66 0
$q : b$		=		*123 0
$q : p$		=	110 13	
$o : a$		=	123 33	
$o : b$		=	117 0	117 20
$o : p$		=	135 40	135 40
$o : q$		=	146 27	146 27

Sie sind vollständig ausgebildet, die Flächen ziemlich glänzend. Spaltbarkeit ist nicht zu beobachten.

VII. *Ueber die im vorigen Jahre in der Gegend von Bremervörde herabgefallenen Meteorsteine.*

(Mitgetheilt aus d. Nachrichten von d. Göttinger Universität. 1856, No. 8.)

Der Königlichen Societät wurden am 9. Juni von dem Geheimen Hofrath Hausmann die nachstehenden Bemerkungen über die im vorigen Jahre in der Gegend von Bremervörde herabgefallenen Meteorsteine, nebst der chemischen Untersuchung derselben, von dem Hrn. Obermedicinalrathe Wöhler vorgelegt.

Die hier mitzutheilenden Nachrichten über de stein-Niederfall, der sich am 13. Mai 1855 in de

des Dorfes *Gnarrenburg*, etwa drei Stunden südwestlich von *Bremervörde* (Landdrostei Stade) ereignet hat, sind theils aus einem bei dem Amte Bremervörde aufgenommenen Protokolle, theils aus mehreren Privat-Schreiben entlehnt. Hr. Oberamtmann von Reiche zu Bremervörde erhielt die Nachricht, dafs einige Torfschiffer aus den Gnarrenburger Mooren einen Meteorstein gefunden haben sollten. Durch die von ihm sogleich deshalb angestellte Nachforschung hat sich derselbe ein dankbar anzuerkennendes Verdienst sowohl um die Erhaltung des Steins, als auch um die genauere Kunde von dem Vorgange erworben. Die vom Amte vorgeladenen Torfschiffer Hermann Kück aus Findorf und Friedrich Welbrock aus Kolheim, lieferten den gefundenen Stein ein, und gaben über die Art und Weise, wie sie daran gekommen, Folgendes an. Am 13. Mai Nachmittags etwa um 5 Uhr seyen sie Beide und noch vier andere Einwohner von Kolheim, mit Torfschiffen auf der Fahrt nach Bremervörde in die Nähe der Brücke über den Hamme-Oste-Kanal, welche in dem Wege von Gnarrenburg nach Carlshofen liegt, gelangt, als sie ein auffallendes Getöse in der Luft hörten. Nach ihrer Aussage war der Himmel sehr bewölkt, die Luft still und ziemlich warm; kühlte sich aber gleich nach dem Vorfalle ab. Zuerst war es, als ob mehrere entfernte Kanonenschüsse fielen; dann entstand ein Geknatter und ein heftiges Sausen mit donnerähnlichem Getöse. Plötzlich schlug in einer Entfernung von etwa 30 bis 40 Schritt ein schwerer Gegenstand in die Erde auf dem Fahrdamm, worauf es ganz stille wurde. Es fand sich ein rundes Loch, und bei dem Nachgraben wurde in der Tiefe von etwa 4 Fufs, der abgelieferte Stein angetroffen. Das bezeichnete Getöse wurde, wie in dem Protokolle bemerkt worden, auch zu Bremervörde, drei Stunden von dem Orte des Niederfalles vernommen. Hr. Dr. Hagemann zu Gnarrenburg hat zwei Meteorsteine erlangt, von welchen der eine auf seinem Geestlande niedergefallen war, und in einer nicht über 5 Zoll betragenden Tiefe gefunden wurde. In einem Schrei-

ben desselben an Hrn. Oberamtmann von Reiche wird bemerkt, dafs bestimmt noch mehrere Steine niedergefallen seyen, indem man das Fortsummen derselben über das Dorf Gnarrenburg in der Richtung von Nordwest nach Südost deutlich wahrgenommen habe, dafs aber die etwa in das Moor gefallenen, wegen ihres tiefen Einschlagens, schwer aufzufinden seyn dürften. In einem von dem Hrn. Dr. Hagemann an den Hrn. Geschwornen Leuschner zu Clausthal gerichteten Schreiben wird angeführt, dafs wahrscheinlich nur zu Gnarrenburg und in der nächsten Umgebung dieses Dorfes, Steine niedergefallen seyen. Die drei aufgefundenen seyen in einer Entfernung von etwa 1400 Schritt zur Erde gelangt. Durch einen heftigen Knall, der dem dumpfen Donner einer in der Ferne abgefeuerten Kanone glich, sey man auf den Vorgang aufmerksam geworden. Nach einigen Sekunden Stille seyen acht bis zwölf hellere und dumpfere, Flintenschüssen ähnliche Schläge erfolgt, und darauf habe man jenem Geräusche angehörende Echo's, wie ein Rollen und Knattern in den Wolken, vernommen. Zwischen dem ersten Donner und dem Herabfallen der Steine sey eine Zeit von etwa zwei Minuten verstrichen; welche Angabe doch aber wohl auf einer, durch das Erschütternde des Eindruckes veranlafsten Ueberschätzung beruhen dürfte.

Der zuerst erwähnte Meteorstein ist unter den aufgefundenen der gröfste. Hr. Oberamtmann von Reiche hatte die Güte, ihn meinem hochverehrten Collegen Wöhler zum Geschenk zu machen, der aus uneigennütziger Liebe zu unserer Universität sich bewogen gefunden hat, den kostbaren Schatz, wie bereits bei einer früheren Gelegenheit dankend angezeigt worden [1]), in dem Akademischen Museum nieder zu legen. Dieser Stein ist bis auf zwei kleine, durch die Finder abgeschlagene Stücke, vollständig erhalten. Er hat eine unregelmäfsige, einem dreiseitigen, an einem Ende schräg abgestumpften Pr

1) Nachrichten von der G. A. Universität und der Kön. Ge W. zu Göttingen. 1855. S. 142.

nähernde Gestalt. Die gröfste Länge des Steins beträgt 7 Pariser Zoll, seine gröfste Stärke 5 Zoll. Von den Prismenflächen haben zwei eine Breite von 4 Zoll, wogegen die dritte nur eine Breite von 3 Zoll besitzt. An der schrägen Abstumpfungsfläche, welche beinahe rautenförmig ist, mifst die gröfste Länge 5 Zoll, die gröfste Breite 4 Zoll; beide Dimensionen haben aber ursprünglich etwa $\frac{1}{2}$ Zoll mehr betragen, indem diese Fläche durch das Abschlagen verkürzt worden. Sie ist beinahe ganz gerade — nur sehr schwach convex — und im Ganzen, bis auf kleine länglichkörnerförmige Erhöhungen und einer $1\frac{1}{2}$ Zoll langen Ader, welchen Unebenheiten man das Geflossene ansieht, eben. Die eine der beiden Prismenflächen ist auch ziemlich gerade — nur schwach concav — und im Grofsen ohne bedeutende Unebenheiten. Die beiden andern Prismenflächen sind dagegen stärker concav. Die breitere Fläche hat wie mit einem Daumen in eine weiche Masse eingedrückte flache Vertiefungen, welche bis auf etwas geringere Gröfse, denen der Braunauer Eisenmasse ähnlich sind. Die schmalere Fläche hat unregelmäfsigere Unebenheiten. Die Kanten des Steins sind mehr und weniger gerundet. Sein Gewicht beträgt 5 Pfund 29 Loth [1]). Als der Stein noch unversehrt war, wird er etwa 6 Pfund schwer gewesen seyn.

Ein zweiter Stein, über dessen Auffindung Nichts bekannt geworden, ist in den Besitz des Hrn. Dr. Krantz in Bonn gelangt, der ihn zerschlagen hat, um die einzelnen Stücke zu verkaufen. Er kam an Gröfse dem vorigen am Nächsten, indem er nach der Angabe des Hrn. Dr. Krantz 4 Pfund 25 Loth wog.

Die beiden Meteorsteine, welche Hr. Dr. Hagemann zu Gnarrenburg erlangt hatte, wurden von diesem nach Clausthal gesandt, von wo mein College Wöhler durch die Gefälligkeit des Hrn. Bergamtsassessors Römer, dieselben zur Ansicht erhielt. Der gröfsere von diesen beiden Steinen, der gegenwärtig im Besitze der Bergschule

1) Nürnberger Gewicht, das Pfund zu 16 Unzen oder 32 Loth.

zu Clausthal sich befindet, ist bis auf ein abgeschlagenes Stück, vollständig. Er hat eine unregelmäfsige, unbestimmt-stumpfeckige Gestalt. Er ist etwas länger als breit und dick. Die gröfste Länge beträgt 5 Par. Zoll, die gröfste Breite 4, und die gröfste Dicke 3 Zoll. Eine Fläche, die $3\frac{1}{2}$ Zoll lang und 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll breit ist, ist im Ganzen eben; die übrigen Flächen sind mit vielen flachen Vertiefungen, die das Ansehen haben, als wären sie durch den Druck eines Fingers in eine weiche Masse entstanden. Im Kleinen ist die Oberfläche uneben; zum Theil gekörnt. Die Kanten und Ecken des Steines sind theils stumpf, theils abgerundet. Sein Gewicht beträgt 2 Pfund 18 Loth 2 Quentchen.

Ein vierter Stein, der aus dem Besitze des Hrn. Dr. Hagemann nach Clausthal gelangt ist, und von da an Hrn. Dr. Krantz vertauscht worden, der ihn dem k. k. Mineralien-Cabinete in Wien käuflich überlassen hat, ist ebenfalls unregelmäfsig geformt. Er hat eine gröfsere, beinahe quadratische Fläche, deren Seiten $2\frac{1}{4}$ bis $2\frac{1}{2}$ Zoll messen. Sie hat ähnliche Eindrücke wie sie sich an dem ersten und dritten Steine befinden. Die übrigen Flächen sind flach gebogen, weniger mit Eindrücken versehen, und gekörnt. Kanten und Ecken sind theils stumpf, theils gerundet. Das Gewicht wurde hier zu 20 Loth 7 Quentchen bestimmt [1]).

Mein College Wöhler hat durch den Gastwirth Witte zu *Schneverdingen* ein an zwei Seiten mit Rinde versehenes Bruchstück erhalten, welches 10,8 Gramm wiegt, und nach seinen Beschaffenheiten genau mit den anderen Steinen übereinstimmt. Die Form des Stückes macht es nicht wahrscheinlich, dafs es von dem gröfsten der beschriebenen Steine herrührt. Ob aufser den hier aufgeführten Meteorsteinen noch andere in der bezeichneten Gegend herabgefallen seyn mögen, wie es wohl [illegible]nwahr-

1) Brieflich hat Hr. Dr. Krantz das Gewicht s
in Wien zu 11 Unzen angegeben, welche Dif
der Verschiedenheit der angewandten Gewichte

scheinlich ist, hat sich durch die bisherigen vielfachen Nachforschungen nicht ausmitteln lassen.

Das äufsere Ansehen, so wie die innere Beschaffenheit stimmen bei sämmtlichen Steinen, die hier untersucht werden konnten, überein. Die äufsere Rinde ist im Vergleich mit der von manchen anderen Meteorsteinen, dünn. Sie hat eine pechschwarze, in das Rufsbraune neigende Farbe, und ist theils matt, theils wachsartig schimmernd. Sowohl hierin, als auch hinsichtlich der inneren Beschaffenheit, haben die Meteorsteine von Bremervörde, wie bereits bei einer früheren Gelegenheit von Wöhler bemerkt worden [1]), eine auffallende Aehnlichkeit mit denen, welche am 4. September 1851 unweit *Mezö-Madaras* in *Siebenbürgen* herabgefallen sind, von welchen das hiesige Akademische Museum ein schönes Stück dem Hrn. Partsch, Vorstand und Custos der k. k. Hof-Mineralien-Cabinete in Wien, verdankt. Auch dem im Juni 1818 zu *Seres* in *Macedonien* gefallenen Stein, von welchem sich in Wöhler's reicher Meteoriten-Sammlung ein Bruchstück befindet, sind die Bremervörder Steine sehr ähnlich, worauf ich durch meinen hochverehrten Freund aufmerksam gemacht worden.

Die Masse der Steine läfst ein Gemenge verschiedenartiger Körper erkennen, in welchem eine variolithartige Structur vorherrscht, die aber hie und da in eine porphyrartige übergehet. Die Grundmasse stellt eine undeutliche feinkörnige Verbindung von dunkleren und helleren Körpern dar. Sie erscheint im Ganzen von einer perlgrauen Hauptfarbe mit weifser Sprenkelung. Unter den in derselben ausgesondert liegenden Körpern zeichnet sich durch Frequenz und Gröfse der Theile ein graulich-, gelblich oder grünlichweifses Mineral aus, von versteckt-blättriger Textur, und unebenem, hin und wieder in das Kleinmuschelige übergehenden Bruch. Dieser ist theils matt, theils schwach schimmernd. Auf deutlicheren Texturflächen zeigt sich zuweilen ein geringer, perlmutterartiger Glanz. In dünnen Splittern ist der Körper durchscheinend. Die Härte

1) Poggendorff's Annalen. Bd. XCVI, S. 627.

ist etwas geringer als die des Feldspaths, und scheint mit der des Apatits ziemlich übereinzustimmen. Vor dem Löthrohre nimmt das Mineral eine braune Farbe an, und schmilzt ruhig und nicht eben schwer zum Email. Es kommt am Häufigsten in gerundeten Partien vor, die vom kaum Meſsbaren bis zur Gröſse von ein Paar Linien abändern; hin und wieder erscheint es auch deutlich krystallisirt, wiewohl die Form der Krystalle nicht genau zu bestimmen ist. Nach den Durchschnitten derselben, welche selten die Gröſse von ein Paar Linien erreichen, zu urtheilen, scheinen sie theils rechteckige, theils irregulär sechsseitige Prismen zu seyn, wonach auf ein trimetrisches Krystallisationensystem zu schlieſsen seyn dürfte. Dieses weiſse Mineral erscheint fast niemals völlig rein; gewöhnlich erkennt man darin unter der Loupe fein eingesprengte Körper von anderer Art. In seinen gröſseren gerundeten Partien zeigt sich nicht selten ein dunklerer Kern von grauer Farbe. Wofür nun dieser Körper zu halten sey, wage ich nicht zu bestimmen. Feldspathartig scheint er zu seyn, wenn gleich die Härte etwas geringer ist, als bei den bekannten Körpern dieser Familie; ob er aber nach dem, was bei der Untersuchung mancher anderer Meteorsteine mit Sicherheit erkannt worden, als *Labradorit* angesprochen werden dürfe, halte ich für zweifelhaft. Wöhler's Versuche haben ergeben, daſs das weiſse Mineral zu den Gemengtheilen der Bremervörder Meteorsteine gehört, welche durch Säuren nicht zersetzt werden.

Hin und wieder, aber doch im Ganzen selten, finden sich in der Grundmasse kleine durchscheinende Körner von olivengrüner Farbe und muscheligem, glasartig glänzendem Bruche, welche wohl für *Olivin* gehalten werden dürfen.

Auſser diesen ausgesonderten Theilen zeichnen sich besonders kleine kugelförmige, einem feinen Schrote ähnliche Körper von schwärzlicher Farbe aus, welche
men glatt aus der Grundmasse lösen, und a
flächen dieser, halbkugelförmige Vertiefunge
Wöhler betrachtete sie unter einer 50fache

rung, wobei sie im Bruche feinsplitterig, matt, von dunkelgrauer Farbe und nur an den dünnsten Kanten durchscheinend erschienen. Diese Kügelchen, die ich in ähnlicher Art an keinem anderen Meteorstein bemerkt habe, werden vom Magnete nicht gezogen. Vor dem Löthrohre konnte ich sie für sich nicht zum Fluſs bringen. Im Borax lösten sie sich langsam auf, und ertheilten dem Glase Eisenfärbung. Hr. Dr. Wicke hatte die Güte einige Versuche zur Ermittelung der Bestandtheile der Kügelchen anzustellen. Aus dem Pulver derselben, welches eine graue Farbe hatte, konnten durch den Magnet einzelne Partikelchen ausgehoben werden. Mit concentrirter Salzsäure behandelt, zeigte sich eine sehr schwache Gasentwickelung (Wasserstoffgas). Die Lösung war eisenhaltig. Gleichzeitig nahmen weiſse Einsprengungen, welche in der dunklen Masse der Kügelchen bemerkt worden, eine gallertartige Beschaffenheit an. Das Pulver wurde mit kohlensaurem Natron auf Platinblech geschmolzen, und gab dabei eine schwache Reaction auf Mangan. Dasselbe wurde mit Salpeter erhitzt, wobei die dunkle Farbe verschwand. Als der Rückstand in Wasser aufgenommen wurde, blieb ein schmutzig graues Pulver unlöslich zurück. Auf ein Uhrschälchen gegeben, lieſs es sich ganz wie Sand anfühlen. Unter dem Mikroskope erschien es deutlich krystallinisch. In eine Phosphorsalzperle getragen, löste es sich beim Schmelzen nicht, sondern bildete schwimmende Kieselerde-Flocken. Eine Reaction auf Chrom zeigte sich nicht, weder durch grüne Färbung der Phosphorsalzperle, noch nach dem Schmelzen mit Salpeter, durch eine von chromsaurem Kali gelb gefärbte Masse.

In Ansehung der Menge des eingesprengten *Eisens*, zeigen die Bremervörder Meteorsteine ebenfalls Aehnlichkeit mit denen von Mezö-Madaras. Kleine Partien von Eisen machen sich fast überall und selbst im Innern des weiſsen Minerals bemerklich. Die rostfarbenen Flecke, welche auf Bruchflächen der Bremervörder Meteorsteine hin und wieder in bedeutender Ausdehnung wahrgenommen

werden, rühren ohne Zweifel von der Umwandlung des Eisens in Eisenoxydhydrat her. Dafs eingesprengtes Eisen überall in der Masse der Steine vorhanden ist, wird schon daran erkannt, dafs jedes noch so kleine Stückchen derselben dem Magnete folgt.

Aufser dem *nickelhaltigen Eisen* nimmt man hin und wieder auch *Schwefeleisen* von der Farbe des Magnetkieses wahr. Gewöhnlich erscheint es nur in kleinen Punkten, seltener in etwas gröfseren Partien, die zuweilen mit Stahlfarben angelaufen sind.

Wöhler hat aufser diesen Körpern, Graphit in kleinen glänzenden Blättchen in den Bremervörder Meteorsteinen wahrgenommen. Der innigen Beimengung desselben ist vielleicht die in der Grundmasse herrschende, graue Farbe zuzuschreiben. Auch wurden von meinem Collegen schwarze Körnchen von *Chromeisenstein* darin bemerkt.

Das specifische Gewicht der Bremervörder Meteorsteine wurde mit dem der Meteorsteine von Mezö-Madaras, welches nach der Bestimmung des Hrn. Partsch $3\frac{1}{2}$ beträgt [1]), übereinstimmend gefunden. Bei einem Bruchstücke fand ich es 3,5212, bei einem zweiten 3,5410, bei einem dritten 3,5495, im Mittel von drei Wägungen also 3,5372.

Zu bestimmen, aus welchen Silicaten die Hauptmasse der Bremervörder Meteorsteine zusammengesetzt ist, scheint mir sehr schwierig zu seyn. Nach dem Resultate der Analyse, die eine so merkwürdige Uebereinstimmung mit der chemischen Zusammensetzung der Meteorsteine von Mezö-Madaras ergeben hat, möchte ich auch hinsichtlich der Bremervörder Steine der von meinem hochverehrten Freunde bei der Mittheilung der Analyse der Masse der ersteren geäufserten Vermuthung [2]) mich anschliefsen, und annehmen, dafs die Hauptmasse derselben, gleich der vieler anderer Meteorsteine, aus einem feldspathartigen Körper, einem Minerale der Pyroxen-Substanz und Olivin bestehe.

1) Sitzungsberichte der mathemat.-naturwissenschaftl. Classe d Akadémie der Wissenschaften, Bd. XI, S. 674.

2) Daselbst Bd. XVII, S. 284.

Ich wage keine entschiedene Meinung darüber zu äufsern, ob die gleichzeitig niedergefallenen Steine für Stücke eines gröfseren, zersprungenen Meteoriten zu halten seyen, indem ich mich darauf beschränke zu bemerken, dafs nicht allein das Niederfallen derselben auf einen, wie es scheint, nicht sehr ausgedehnten Raum, und ihre grofse Uebereinstimmung in den inneren und äufseren Beschaffenheiten, dafür sprechen dürften, sondern dafs auch das bemerkte Vorkommen einer ziemlich geraden und ebenen Fläche, welche sowohl an dem gröfsten, als auch an einem der kleineren Steine sich findet, vielleicht zu der Annahme berechtigt, dafs diese Flächen da entstanden sind, wo diese Stücke sich von einander trennten.

Ueber die chemische Natur der Bremervörder Meteorsteine hat mein College Wöhler folgende Bemerkungen mitgetheilt.

Aus einer gepulverten Probe eines dieser Steine liefsen sich vermittelst des Magnets ungefähr 20 Proc. gediegenes Eisen ausziehen. Eine vollständige Isolirung desselben auf diesem Wege war aber nicht möglich. Dieses Eisen enthält 7,28 Proc. Nickel mit Kobalt und Phosphor, diese jedoch in so kleiner Menge, dafs sie nicht zu bestimmen war. Dieses Eisen ist nicht passiv.

Diese Steine enthalten ferner an einzelnen Stellen kleine Mengen von Schwefeleisen, daher sie mit Säuren ein nach Schwefelwasserstoff riechendes Wasserstoffgas entwickeln.

Die Hauptmasse der Steine hat auch darin mit vielen anderen Meteoriten grofse Aehnlichkeit, dafs sie aus verschiedenen Silicaten besteht, die theils durch Säuren zersetzbar sind unter Abscheidung gelatinöser Kieselsäure, theils dadurch nicht zersetzt werden. Es wurde kein Versuch gemacht, diese auf übliche Weise chemisch zu trennen, in der Ueberzeugung, dafs eine solche mühsame Trennung doch immer nur sehr unvollständig bleibt und für die Berechnung der Zusammensetzung der einzelnen Gemengtheile keinen sicheren Anhalt geben kann.

Nach den bekannten Methoden wurden von dem gan-

zen Stein zwei Analysen gemacht, die eine durch Flufssäure mit Anwendung von 4,30 Grm., die andere durch Schmelzen mit kohlensaurem Alkali mit Anwendung von 1,0 Grm. Stein. Durch letztere wurden 45,40 Proc. Kieselsäure gefunden. Die bei der Analyse mit Flufssäure aus dem Verlust berechnete Menge betrug 46,36 Proc. Die Menge der Magnesia, als der vorwaltenden Base, wurde in beiden Analysen bestimmt und zu 21,87 und 22,94 Proc. gefunden, wovon das Mittel = 22,40. Die Menge des Eisenoxyduls wurde nicht direct bestimmt, sondern aus dem berechnet, was bei der Analyse an 100 Theilen fehlte. Dieser Verlust betrug 0,97 Proc. und wurde als Sauerstoff genommen, welche 4,36 Proc. Eisenoxydul entsprechen. Im Ganzen wurden bei der Analyse 35,72 Proc. Eisenoxyd erhalten. Der ganze Gehalt an Eisen, der im Stein gefunden wurde, betrug demnach 25,0 Proc., wovon also 3,39 abgehen, um 4,36 Oxydul zu bilden.

In 100 Theilen des Steins wurden gefunden:

Metallisches Eisen	21,61
Nickel	1,89
Kieselsäure	45,40
Magnesia	22,40
Eisenoxydul	4,36
Thonerde	2,34
Natron	1,18
Kali	0,37
Chromeisen	0,31
Graphit	0,14
Kobalt, Phosphor, Schwefel, Kalk, Manganoxydul	in unbestimmbarer Menge
	100,00.

Um das Resultat dieser Analyse mit der [illegible]ler ausgemittelten Zusammensetzung der Meteors Madaras vergleichen zu können, erlaube ich

dem Julihefte des Jahrganges 1855 der Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften hier beizufügen. In 100 Gewichtstheilen Stein wurden folgende Bestandtheile gefunden:

Gediegen Eisen	18,10
Nickel	1,45
Kobalt	0,05
Graphit	0,25
Magnesia	23,83
Eisenoxydul	4,61
Manganoxydul	0,28
Thonerde	3,15
Kalk	1,80
Natron	2,34
Kali	0,50
Schwefel, Phosphor, Chromoxyd	
Kieselsäure	43,64
	100,00.

VIII. *Bericht des Hrn. Plateau über eine Abhandlung des Hrn. Montigny, die Ursache des Funkelns betreffend.*

(*Bullet. de l'acad. des Sciences etc. de Belgique T. XXII, pt. II, p.* 347.)

Nach Darlegung der Gründe, welche ihn veranlafsten, über das Funkeln eine neue Theorie aufzustellen, ungeachtet die von Arago mit so gerechtem Beifall aufgenommen worden, lehrt Hr. Montigny die Resultate kennen, welche er beim Beobachten des Funkelns vom Sirius auf zwei verschiedene Weisen erhalten hat.

Nicholson hatte bemerkt, dafs wenn man ein Fernrohr, welches auf einen funkelnden Stern gerichtet ist, in rasche Schwingungsbewegung versetzt, so dafs das Bild des Sternes leuchtende Curven beschreibt, diese Curven sich aus verschiedenartig gefärbten Bogen zusammengesetzt erweisen, und er schätzte solchergestalt die Zahl der Farbenveränderungen, welche das Licht des Sirius beim Funkeln erfährt, auf 30 in der Sekunde. Durch eine geregeltere Anstellung dieses Versuchs, wobei er das Bild des Sirius eine kreisrunde Linie beschreiben läfst, findet Hr. Montigny, dafs die Zahl der Farben- oder Intensitäts-Veränderungen auf 70 in der Sekunde angeschlagen werden kann, und dafs Roth, Orange, Gelb und Grün die vorwaltenden Farben sind.

Darauf wendet Hr. Montigny zur Analyse des Funkelns desselben Sterns ein ihm eigenthümliches, ganz anderes Verfahren an. Dasselbe besteht darin, dafs er vor dem Objectiv des Fernrohrs ein Prisma anbringt, so dafs sich das Bild des Sterns in ein Farbenspectrum verwandelt. Man gewahrt alsdann in diesem Spectrum beständige Veränderungen. An beiden Enden erleidet es rasche Verlängerungen und Verkürzungen, häufiger und in gröfserer Ausdehnung jedoch auf Seite des Violetts. Die Verkürzungen auf dieser letzteren Seite erfolgen anfangs aus dem Verschwinden des Violetts, dann aus dem des Blau, so dafs in solchen Augenblicken, das Spectrum die Hälfte seiner Länge verliert; zuweilen scheinen das Grün und das Gelb strichweise gegen das Blau und das Violett vorzuschiefsen; das Roth schwankt gleichfalls gegen das Gelb, welches seinerseits sich zuweilen nach Seite des Rothen ausdehnt. Diese letztere Farbe scheint keine vollständige Auslöschung zu erfahren, und die Eingriffe des Gelben in dasselbe sind viel beschränkter als die des Grüns a[n] anderen Ende. Ueberdiefs erleidet das Spectrum p[er] transversale Zitterungen, und endlich geschieht [es] dafs ein leuchtender Strich wie ein Blitz das ganze sehr bewegte Spectrum durchfährt.

Nach Beschreibung dieser Thatsachen, geht Hr. Montigny zur Auseinandersetzung seiner Theorie, welche die Refractionen und Reflexionen der Lichtstrahlen in der Atmosphäre zur Grundlage nimmt. Er erinnert an das, was er in einer früheren Abhandlung gesagt [1]), dafs, wenn ein Stern nicht sehr hoch über den Horizont steht, die von ihm ausgehenden und in das Auge des Beobachters gelangenden Strahlen nicht allein durch die Atmosphäre gebrochen, sondern auch dispergirt werden, so dafs das Bild des Sterns auf der Netzhaut in Wirklichkeit aus einem kleinen verticalen Spectrum besteht, welches zwar eine zu geringe Höhe hat, als dafs das Auge die verschiedenen Farben unterscheiden könnte, welches aber deutlich hervortritt, wenn man sich eines hinreichend vergröfsernden Fernrohrs bedient. Die respective den äufsersten Farben des Spectrums entsprechenden Lichtbündel, deren Durchmesser dem der Pupille oder dem des Fernrohrs gleich ist, jenachdem man mit bloſsem Auge oder mit einem Fernrohr beobachtet, dringen in das Auge oder das Fernrohr ein, unter sich einen kleinen Winkel bildend, woraus folgt, dafs sie in der Atmosphäre und zuvor im Leeren zwei getrennte Bahnen durchlaufen haben; ferner ist klar, dafs diese vor dem Eintritt in die Atmosphäre geradlinigen und parallelen Bahnen, sich hierauf einander nähern und einwärts biegen, bis sie sich in der Oeffnung des Auges oder des Fernrohrs durchschneiden. Die Bahnen der den übrigen Farben des kleinen Spectrums entsprechenden Bündel liegen offenbar zwischen diesen beiden äufsersten, so dafs die Gesammtheit aller dieser Bündel einen Lichtstreifen (*tranche de lumière*) bildet, dessen Breite, gemessen in der lothrechten Ebene und winkelrecht auf der Bahn des mittleren Bündels, abnimmt von der Gränze der Atmosphäre an bis zum Beobachter.

Wenn man ein Fernrohr von 10 Centimeter Oeffnung auf einem 10° über dem Horizont stehenden Stern richtet,

[1]) Worüber das *Bullet. de l'Acad. T. XXI, pt. II p.* 833 einen Bericht enthält.

so zeigt Hr. Montigny, dafs die von diesem Sterne ausgehenden und den verschiedenen Farben entsprechenden Bündel in 1,000 Meter Abstand von dem Fernrohr hinreichend von einander getrennt sind, damit ein Phänomen, welches aus dem Durchgang einer Luftwelle durch eins dieser Bündel entspringt, erfolge, ohne dafs die übrigen Bündel gleichzeitig von derselben Welle durchschnitten werden, und folglich ohne eine ähnliche Einwirkung zu erfahren. Nun kann es aber häufig geschehen, dafs eine Luftwelle in der Weise die Bahn eines der Bündel trifft, dafs das letztere an der Vorder- oder Hinterfläche der Welle, je nachdem diese dichter oder lockerer als die umgebende Luft ist, eine totale Reflexion erleidet, welche dasselbe ablenkt und verhindert in das Auge oder das Fernrohr zu gelangen. So wie aber eins der Farbenbündel fehlt, mufs die Gesammtheit der übrigen nothwendig eine complementare Farbe bilden, wohlverstanden in der Voraussetzung, dafs man mit blofsem Auge oder einem Fernrohr beobachte, welches unzulänglich ist, die Ausbreitung des Sterns in ein kleines Spectrum erkennen zu lassen. Diese totalen Reflexionen, die in einem kurzen Zeitraum in grofser Anzahl bei den verschiedenen Farbenbündeln erfolgen, müssen also die Farbe des Sterns unausgesetzt verändern.

Diese Vorgänge beschränken sich indefs keineswegs auf Farbenveränderungen. Die Luftwellen, die in einem so wenig beträchtlichen Abstand vom Beobachter in den Lichtstreifen eintreten, dafs die Farbenbündel sich nahezu in ein einziges vereinigen und sich in den Umständen der totalen Reflexion befinden, bewirken das Verschwinden des Sterns oder wenigstens eine Schwächung seines Glanzes, ohne die Farben zu verändern.

Diefs ist das Wesentliche der von Hrn. Montigny aufgestellten Theorie. Sie hat, wie man sieht, mit d Arago'schen das gemein, dafs sie das Funkeln herlei von dem unaufhörlichen Durchgang verschieden dich Luftwellen durch die Bahn des vom Sterne ausgesandt

Lichts und von dem durch diese Wellen herbeigeführten abwechselnden Verschwinden einzelner oder aller Farben, welche dieses Licht zusammensetzen. Nur erklärt Hr. Arago das besagte Verschwinden durch Interferenzen, während Hr. Montigny die Ursache in totalen Reflexionen sucht.

Die Möglichkeit solcher Reflexionen an den Gränzflächen ungleich dichter Luftproportionen kann nicht geläugnet werden; daraus entstehen ja die Phänomene der Kimmung. Hr. Montigny hat versucht, sie auf eine andere Art nachzuweisen. Er hat heifse Luftströme künstlich im Innern des von einem Sonnenmikroskop ausgehenden Lichtkegels erzeugt, und dann gesehen, dafs sich die äufseren Ränder dieses Stroms auf dem das Licht auffangenden Schirm mit mehr Glanz abzeichnen als die benachbarten, besonders die nach Innen liegenden Theile, und er zeigt, dafs dieser erhöhte Glanz nur herrühren könne von den Strahlen, die, den Strom sehr nahe bei denselben Rändern durchdringend, durch zwei successive Brechungen nach aufsen abgelenkt werden. Endlich erinnert er daran, dafs er, beim Beobachten entfernter irdischer Gegenstände durch ein Fernrohr, zuweilen gewisse Theile dieser Gegenstände unter dem Einflufs von Luftwellen momentan habe verschwinden gesehen und erklärt auch dieses Phänomen durch das Princip der totalen Reflexionen [1]).

Nach Auseinandersetzung seiner Theorie prüft Hr. Montigny die Folgerungen aus derselben und vergleicht sie mit den Thatsachen. Folgendes sind die hauptsächlichsten Vergleiche.

1. Die den brechbarsten Strahlen zugehörigen Farben nehmen insgemein in dem durch Dispersion entstandenem Spectrum eine gröfsere Strecke ein als die übrigen. Man darf also annehmen, dafs in dem besagten Lichtstreifen die Gesammtheit der brechbarsten Bündel mehr Raum einnehme als die der übrigen, und dafs somit für die Ablen-

[1]) Siehe den Bericht über die diese Beobachtung enthaltende Arbeit in *Bullet. de l'Acad. T. XXI, pt. I, p.* 60.

kung der ersteren durch totale Reflexionen mehr Wahrscheinlichkeit vorhanden sey. Ueberdiefs sind, eben weil diese Bündel am brechbarsten sind, die Gränzen des Einfallswinkels, zwischen welchen sie diese Reflexionen erleiden müssen, weniger eingeschränkt, und folglich müssen in dem Spectrum des Sterns, welches man durch ein mit Prisma versehenes Fernrohr erhält, die violette und die blaue Farbe am häufigsten verschwinden, was, wie man gesehen, wirklich der Fall ist. Aus eben dem Grunde erscheinen bei dem durch Hrn. Montigny abgeänderten Versuche Nicholson's die übrigen Farben vorwaltend.

Hr. Montigny fügt hier eine wesentliche Bemerkung hinzu: nach Arago wird, wenn nur ein Zwanzigstel der das weifse Licht zusammensetzenden Farben verschwindet, der Rest schon eine merkliche complementare Farbe zeigen; es braucht also, damit sich ein Stern beim Funkeln färbe, nur ein kleiner Theil der Bündel des Lichtstreifens durch totale Reflexion abgelenkt zu werden.

2. Wenn man, wie es Nicholson gleichfalls gethan, das Ocular des Fernrohrs aus dem Brennpunkt zieht, so dafs das Bild des funkelnden Sternes in eine Scheibe von gewissem Durchmesser verwandelt wird, so erfolgt das Auftreten jeder Farbe nicht instantan in der ganzen Ausdehnung der Scheibe, sondern an verschiedenen Stellen derselben in gesonderten Zeit-Intervallen. Hr. Montigny erklärt dieses Phänomen, indem er bemerkt, dafs, wenn blofs ein Theil eines der Farbenbündel des Lichtstreifens durch Reflexion abgelenkt wird, die abgelenkten Strahlen auch nur einen Mangel in einem Theil der besagten Scheibe hervorbringen, dafs dann dieser Theil sich folglich mit der complementaren Farbe bekleiden mufs, während der Rest der Scheibe eine andere Farbe hat.

3. Diejenigen Strahlen, welche den totalen Reflexionen entschlüpfen, erleiden nothwendig, beim Durchgang durch die Luftwellen, Refractionswirkungen, welche sie um kleine Gröfsen ablenken, woraus folgt, dafs die Bilder der Sterne oft während ihres Funkelns kleine schwankende Bewegun-

gen erleiden müssen. Zur Stütze dieser Folgerung aus seiner Theorie citirt Hr. Montigny Stellen aus mehren Autoren; übrigens wird die Thatsache aufser Zweifel gesetzt durch die transversalen Zitterungen, die sich in dem Spectrum eines funkelnden Sterns, das man durch ein mit Prisma versehenes Fernrohr erhält, wahrnehmen lassen, wie eingangs dieses Berichtes gesagt worden ist.

4. Indefs giebt es einen häufig vorkommenden Fall, wo das Bild eines Sternes beim Funkeln unbeweglich bleibt, nämlich, wenn die Luftwelle eine solche ist, dafs die beiden Theile ihrer Oberfläche, durch welche die der totalen Reflexion entschlüpfenden Lichtstrahlen ein- und austreten, unter sich nur einen kleinen Winkel bilden; denn klar ist, dafs dann die Strahlen nur um eine unmerkliche Winkelgröfse abgelenkt seyn werden. In der That lehrt die Beobachtung, dafs das Funkeln nicht immer mit einem Schwanken des Gestirns verknüpft ist.

5. Da der von allem Farbenbündeln gebildete Lichtstreif desto mehr ausgebreitet ist, als das Licht schiefer in die Atmosphäre eindringt, und da die Zahl der durch den Lichtstreif gehenden Luftwellen mit dieser Ausbreitung zunimmt, so folgt, dafs die Sterne desto mehr funkeln müssen als sie dem Horizont näher stehen, und diese Folgerung wird von der Erfahrung bestätigt.

6. Man weifs, dafs die Planeten, mit Ausnahme von Venus und Merkur, kaum oder gar nicht funkeln. Den Grund hiervon findet Hr. Montigny, wie Arago, in dem scheinbaren Durchmesser dieser Gestirne, indem im Allgemeinen zwischen dem Funkeln der von einander etwas entfernten Punkte der Planetenscheibe keine Uebereinstimmung stattfinden kann, da die von diesen Punkten ausgehenden Strahlen durch merklich verschiedene Luftportionen gehen.

7. Da sehr kleine Sterne, Sterne siebenter Gröfse, nur einen sehr schwachen Glanz haben, so begreift man, dafs ihr Licht, wenn es noch durch totale Reflexion eines Theils der darin vorhandenen Farbenstrahlen geschwächt

worden, nicht fähig ist, auf der Netzhaut einen deutlichen Farben-Eindruck hervorzubringen, und dafs man demnach die Farbe solcher kleinen Sterne nicht sich verändern sehen mufs, was auch die Beobachtung bestätigt.

8. Das erste der Arago'schen Scintillometer scheint eine nothwendige Abhängigkeit zwischen dem Funkeln und den Interferenzen zu bedingen. Indefs erklärt Hr. Montigny das Wieder-Erscheinen des Lichtpunktes im Mittelpunkt des Bildes auf eine natürliche Weise, indem er bemerkt, dafs wenn eine Luftwelle beim Durchgehen durch den Lichtstreif einen Theil der Strahlen, die den Rand des Diaphragmas erreicht haben würden, durch totale Reflexion ablenkt, diese somit aus dem Fernrohr abgelenkten Strahlen nicht mehr diejenigen durch Interferenz auslöschen können, welche direct in das Objectiv eindringen.

9. Noch stellt sich der neuen Theorie ein Einwurf entgegen, entlehnt vom Phänomen der Kimmung. In seiner einfachsten Form besteht diefs Phänomen wesentlich in einer scheinbaren Verdoppelung des Gegenstandes, von dem das eine Bild direct und das andere nach totaler Reflexion an einer weniger dichten Luftschicht gesehen wird. Sollte nun nicht dasselbe bei den Sternen stattfinden? Wenn eins der Farbenbündel oder die Gesammtheit derselben durch totale Reflexion so abgelenkt werden kann, dafs nichts davon mehr in das Auge oder das Fernrohr gelangt, mufs dann nicht bisweilen eins der Bündel oder die Gesammtheit derselben, obwohl nicht gegen das Auge oder das Fernrohr gerichtet, durch totale Reflexion dahin gesandt werden und somit ein zweites Bild von dem Sterne sehen lassen? Oder vielmehr, kann es nicht geschehen, dafs die durch eine erste totale Reflexion abgelenkten Strahlen durch eine zweite Reflexion dieser Art wieder zu dem Beobachter geführt werden? Dieser Einwurf hat aber wenig auf sich, wenn man erwägt, dafs, wegen der Kleinheit des Winkeldurchmessers der Sterne, die Bildung eines zweiten Bildes durch Reflexion erfordern würde, dafs diese Reflexion an einer vollkommen ebenen Fläche geschähe,

eine Bedingung, welcher die Oberfläche einer Luftwelle offenbar nur durch einen fast unmöglichen Zufall genügen könnte; denn es ist einleuchtend, dafs diese Oberflächen sehr unregelmäfsig seyn müssen, dafs demnach das von ihnen in Gesammtheit reflectirte Licht sehr unregelmäfsig zerstreut werden mufs, und folglich unfähig ist, im Auge ein wahrnehmbares Bild vom Lichtpunkt hervorzubringen.

Man sieht, die Theorie des Hrn. Montigny giebt ebenso gut wie die von Arago Rechenschaft von den allgemeinen Charakteren des Funkelns und von den einzelnen Thatsachen; nur scheint uns, dafs der Einwurf unter (9.) eine weitere Prüfung verdiene. Wir geben gern zu, dafs aus einer totalen Reflexion, und um so mehr aus zwei dergleichen successiven Reflexionen an einer Luftwelle kein scharfes Bild vom Sterne hervorgehen könne; allein in dem Fall, wo durch eine ziemlich nahe beim Beobachter erfolgende Reflexion die Gesammtheit der von einem sehr glänzenden Stern herkommenden Farbenbündel gegen ihn zurückgeführt werden, sollte er da nicht, in einer gewissen Entfernung vom Stern, wenigstens eine Spur von verzerrtem Bilde, einen vorübergehenden Schein erblicken?

Es bleibt ferneren Beobachtungen überlassen, zwischen beiden Theorien zu entscheiden, und wir schlagen hier eine Methode vor, welche uns zu diesem Zweck geeignet scheint. Wenn es sich um einen nahe beim Zenith stehenden Stern handelt, wo Refraction und Dispersion in der Atmosphäre unmerklich sind, werden alle den Lichtstreif zusammensetzenden Farbenbündel sich zu einem einzigen vereinigen und folglich weifses Licht bilden. Hiernach können, der Theorie des Hrn. Montigny zufolge, die durch die Luftwellen bewirkten totalen Reflexionen bei einem solchen Stern nur Glanzveränderungen, ohne Farbenveränderungen hervorbringen. Bei der Theorie von Arago dagegen giebt es keinen Grund, warum dem so seyn sollte. Um den Werth beider Theorien zu vergleichen, braucht man also nur an funkelnden Sternen, die wenig vom Zenith abstehen, Beobachtungen anzustellen.

IX. *Ueber einige phosphorsaure Eisenoxyd-Oxydul-Verbindungen*[1]*); von Dr. Gustav Jenzsch.*

Ich stellte im vorigen Jahre, nach den Resultaten der Analysen des Hrn. Rammelsberg (Pogg. Ann. Bd. LXIV, S. 410), für den Vivianit als Formel auf

$$6(\dot{Fe}^3\dddot{P} + 8\dot{H}) + (\ddot{Fe}^3\dddot{P}^2 + (16-3)\dot{H}),$$

für das *Ferrum phosphoricum oxydulatum* der Preufsischen Pharmacopoea von 1846 aber nach meinen Analysen

$$2(\dot{Fe}^3\dddot{P} + 8\dot{H}) + 3(\ddot{Fe}^3\dddot{P}^2 + (16-3)\dot{H}).$$

Ebenso wie es 1845 Hr. Dr. G. C. Wittstein (Buchner's Repertorium 1845 Bd. 89, S. 147 bis S. 175) und schon vor demselben Hr. Rammelsberg (a. a. O.) gethan hat und wie es wohl jetzt alle Chemiker und Mineralogen zu thun pflegen, deducirte ich die von mir besprochenen Verbindungen aus der allgemeinen der Kobaltblüthe (*Erythrin*) analog gebildeten Formel

$$\dot{Fe}^3\dddot{P} + 8\dot{H}.$$

Die angegebene Formel für diejenigen Vivianite, welche Hr. Rammelsberg analysirte, entsteht, wenn sich $\frac{1}{4}$ des $\dot{Fe}$ der letzteren Formel zu $\ddot{Fe}$ höher oxydirt und für jedes hinzutretende Sauerstoff-Aequivalent ein Wasser-Aequivalent ausgeschieden wird.

Auf gleiche Weise kann man sich auch das *Ferrum phosphoricum oxydulatum* entstanden denken, wenn man in der der Kobaltblüthe analogen Formel $\frac{3}{4}$ das $\dot{Fe}$ sich unter denselben Bedingungen, wie bei den erwähnten Vivianiten, höher oxydiren läfst. Hr. Dr. G. C. Wittstein (Pogg. Ann. Bd. 97, S. 160) theilt [illegible] sondern schreibt vielmehr über da[illegible] gendes:

1) Fortsetzung der gleichbetit[illegible] Bd. 96, S. 139.

»Es dürfte der grofse Oxydgehalt des von Hrn. Dr. Jenzsch untersuchten Präparats leicht zu erklären seyn; er war nämlich bedingt durch, der blauen Oxyd-Oxydul-Verbindung *beigemengtes* überbasisches Oxydsalz ($2Fe_2O_3 + PO_5$), und letzteres rührte davon her, dafs zur Fällung von 2 At. oder 3 Gewichtstheilen Eisenvitriol mehr als 1 At. oder $3\frac{17}{20}$ Gewichtstheile phosphorsaures Natron genommen worden war.«

So geistreich auch in chemischer Beziehung die Erklärung des Hrn. Dr. Wittstein ist, so läfst sich dieselbe doch *nicht* auf das von mir untersuchte *Ferrum phosphoricum* anwenden, da ich mich unter dem Mikroskope von der *Nichtexistenz einer Beimengung* überzeugte. A. a. O. S. 139 führte ich bereits auch schon an, dafs sich das feine bläulich-grüne Pulver bei 860maliger Linearvergröfserung unter dem Mikroskope als aus doppelt lichtbrechenden Krystallindividuen bestehend erkennen lasse.

Neuerlich untersuchte Hr. Heinrich Struve (*Bull. de l'Acad. de St. Pétersbourg t. XIV, No.* 11 und Journal für practische Chemie Bd. 77, S. 306) den Vivianit von Kertsch und fand denselben bestehend aus

$\dddot{Fe}$	38,20
$\dot{Fe}$	9,75
$\ddddot{P}$	28,73
$\dot{H}$	24,12
	100,80.

Er stellt dafür folgende Formel auf:

$$(\dddot{Fe}^3\ddddot{P} + 8\dot{H}) + 2(\dddot{Fe}^3\ddddot{P}^2 + 13\dot{H})$$

und berechnet nach dieser Formel die Zusammensetzung des Vivianit von Kertsch

$\dddot{Fe}$	38,43
$\dot{Fe}$	8,64
$\ddddot{P}$	28,43
$\dot{H}$	24,50
	100,00.

Es hat sich also hier $\frac{4}{5}$ des Fe der der Kobaltblüthe analog zusammengesetzten Verbindung

$$\dot{Fe}^3\dddot{P} + 8\dot{H}$$

unter denselben Bedingungen, wie in den beiden oben erwähnten Fällen, höher oxydirt.

Man könnte daher für alle analog gebildeten phosphorsauren Eisenoxyd-Oxydul-Verbindungen die Formel allgemein schreiben

$$x(\dot{Fe}^3\dddot{P} + 8\dot{H}) + y[\ddot{Fe}^3\dddot{P}^2 + (16-3)\dot{H}],$$

wo x und y variable Gröfsen sind. Die Gränzwerthe derselben sind $\dot{Fe}^3\dddot{P} + 8\dot{H}$ und $\ddot{Fe}^3\dddot{P}^2 + (16-3)\dot{H}$.

Natürlich mufs man vor der chemischen Untersuchung und namentlich vor der Aufstellung einer Formel sich stets unter dem Mikroskope überzeugen, ob man es mit einer *einfachen* oder mit einem *Gemenge* zweier oder mehrerer Substanzen zu thun hat.

Für diejenigen Mineralogen und Chemiker, welche nach dem Vorgange des Hrn. Dana die Kobaltblüthe-Formel

$$3\dot{Co}\dot{H} + \dot{H}^5\dddot{As}$$

schreiben, sey es mir hier gestattet, meine eben entwickelten Formeln in ihre Schreibart zu übersetzen.

Die Ausgangsformel würde seyn:

$$3\dot{Fe}\dot{H} + \dot{H}^5\dddot{P}.$$

Die allgemeine Formel mit dem Variabelen x und y gestaltete sich aber zu

$$x(3\dot{Fe}\dot{H}) + y(3\ddot{Fe}\dot{H}) + (x+2y)\dot{H}^5\dddot{P}$$

welche Formel zu ihren Gränzwerthen hat

$$3\dot{Fe}\dot{H} + \dot{H}^5\dddot{P} \text{ und } 3\ddot{Fe}\dot{H} + 2\dot{H}^5\dddot{P},$$

je nachdem kein oder alles Eisenoxydul sich zu Oxyd höher oxydirte.

Die Formel der ersteren Vivianite wäre hiernach, für

$$x = 6 \text{ und } y = 1$$

$$18\dot{Fe}\dot{H} + 3\ddot{Fe}\dot{H} + 8\dot{H}^5\dddot{P};$$

Das *Ferrum phosphoricum* würde, bei seinen Werthen von

$$x = 2 \text{ und } y = 3$$

zu schreiben seyn:

$$6\dot{F}e\dot{H} + 9\ddot{F}e\dot{H} + 8\dot{H}^5\dddot{P};$$

Für den Vivianit von Kertsch müfste sich die Formel, da

$$x = 1 \text{ und } y = 2$$

ist, gestalten zu:

$$3\dot{F}e\dot{H} + 6\ddot{F}e\dot{H} + 5\dot{H}^5\dddot{P}.$$

Letzteres sey blofs erwähnt, um zu zeigen, dafs sich auch (mit Beibehaltung derselben Sauerstoff-Verhältnisse) bei zwei so ganz verschiedenen Auffassungsweisen der Constitution dieser Verbindungen, *stets rationelle* Formeln ergeben.

X. *Bemerkungen zu dem Aufsatze des Hrn. Siemens über das telegraphische Gegensprechen; von E. Edlund.*

Der im fünften Hefte dieses Jahrganges der Annalen von Hrn. W. Siemens veröffentliche Aufsatz über die Beförderung gleichzeitiger Depeschen durch einen telegraphischen Leiter giebt mir zu folgenden Bemerkungen Anlafs.

Als ich im März 1854 durch einen Aufsatz in Dingler's polyt. Journal Bd. CXXXI, S. 191 Kenntnifs von der von Hrn. Gintl angewandten Methode, zwei gleichzeitige Depeschen in entgegengesetzter Richtung abzusenden, erhielt, sah ich sogleich die Unmöglichkeit ein, diese Methode zu praktischen Zwecken mit Vortheil zu benutzen, und entschlofs mich daher für das telegraphische Gegensprechen dasselbe Verfahren anzuwenden, welches ich im Jahre 1848 bei einer Untersuchung über die Faraday'sche Extra-

ströme benutzte, und wodurch es mir gelang, diese Ströme zum ersten Mal zu messen [1]). Das von mir bei dieser Untersuchung benutzte Princip, nämlich die Theilung des magnetischen Stromes in zwei Theile, welche den Magnet in entgegengesetzter Richtung umkreisen, wodurch der Hauptstrom, nicht aber der von diesem hervorgerufene und in demselben Drahte gehende Inductionsstrom auf den Magnet einwirkt, ist demjenigen vollkommen gleich, das von Hrn. Frischen und von HH. Siemens und Halske benutzt worden ist. Ich habe meinerseits in dem für das Messen der Extraströme ursprünglich erfundenen Verfahren eine Veränderung eingeführt, welche, wenn dieselbe für die gleichzeitige Absendung zweier Depeschen in entgegengesetzter Richtung angewandt werden soll, sehr zweckmäfsig befunden worden ist. Diese Veränderung besteht darin, dafs der Widerstand in dem einen Drathe bedeutend geringer genommen wird als in dem anderen, wodurch man, wie sogleich gezeigt werden soll, den Vortheil gewinnt, dafs die Ausgleichung der beiden Stromtheile vollständiger wird, als wenn die Widerstände beider Stromtheile gleich grofs sind.

Um die Uebereinstimmung zwischen der für das Messen der Inductionsströme und der für das Gegensprechen angewandten Methode deutlich einzusehen, braucht man blofs sich vorzustellen, dafs statt der Inductionsrolle d (siehe Fig. 1 Taf. I im angeführten Bande von Pogg. Ann.) oder statt der Inductionsrolle δ (siehe die Figur in Müller's Bericht) eine galvanische Säule eingeschaltet, und diese nach der entfernten Station weggeführt werde, wonach man dieser Station dieselbe Einrichtung (Galvanometer und Doppelschliefsung), welche die Figuren zeigen, zu geben hat. Man erhält hierdurch ein Schema für Gegensprechen, welches mit dem von Hrn. Frischen, HH. Siemens und

1) *Kongl. Vetenskaps Akademiens Handlingar für* 1848. Pogg. Ann. Bd. 77, S. 161, Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik von J. Müller, S. 696. Lehrbuch der Physik und Meteorologie von J. Müller. 4. Auflage.

Halske und mir angewandten übereinstimmt, blos mit der Ausnahme, dafs Galvanometer statt Elektromagnete angewandt werden.

Nachdem hier einige vorläufige Versuche im Anfange des Sommers 1854 angestellt worden, wurde die erste wirkliche Doppeltelegraphirung im August desselben Jahres zwischen Stockholm und Upsala eingeführt. Im Anfange des Januars 1855 wurde auch gleichzeitige Absendung zweier Depeschen zwischen Stockholm und Gothenburg (ungefähr 75 deutsche Meilen Entfernung) hergestellt. In »*Oefversigt af Kongl. Vetenskaps Akademiens Förhandlingar*« für Juni 1855 ist die erste vollständige Beschreibung meiner Telegraphirungsmethode mitgetheilt worden.

Dafs es vortheilhaft sey, den Widerstand in der Nebenschliefsung so klein wie möglich zu machen, ist leicht einzusehen. Wenn der Schlüssel (Contacthebel) der Station *B* (siehe Fig. 7 in Siemens Aufsatz) im Ruhestand ist, geht der von der Station *A* ankommende Strom durch einen der beiden Umwindungsdrähte *m* und den Ruhecontact des Hebels gerade in die Erde hinab; ist dagegen der Hebel niedergedrückt, so geht der gröfste Theil des von *A* ankommenden Stromes durch die Säule der Station *B* in die Erde. In diesen beiden Fällen kann der Widerstand, welchen der ankommende Strom zu überwinden hat, als gleich grofs betrachtet werden. Wenn aber der Strom von *A* in dem Augenblicke ankommt, wo der Schlüssel der Station *B* auf dem Wege von der Ruhelage zu dem Contactpunkte, der bei dem Niederdrücken entsteht, sich befindet, so mufs derselbe um in die Erde zu gelangen, durch die Nebenschliefsung der Station *B* gehen. Wenn der Widerstand *w*, dieser Nebenschliefsung, wie Hr. Siemens es will, gleich grofs mit dem in dem Leitungsdrahte ist, so wird also der Widerstand des ankommenden Stromes in diesem Falle doppelt so grofs wie in dem vorigen. Hieraus ergiebt sich also, dafs, wenn die zwei Stromtheile, die durch die Theilung des Gesammtstromes auf der Station *A* entstehen, einander ausgleichen, im Falle dafs der

Schlüssel der Station *B* entweder niedergedrückt oder in Ruhe ist, eine solche Ausgleichung durchaus nicht stattfindet, wenn derselbe Schlüssel sich in Bewegung von der Ruhelage zu dem Contactpunkte befindet. Die nachtheiligen Folgen dieser Variationen des Widerstandes werden natürlich in demselben Maafse von geringerer Bedeutung, als der Widerstand der Nebenschliefsung kleiner genommen wird. An dem in Stockholm verfertigten Apparate ist die Anzahl der Umwindungen in der Hauptleitung 5000, die Anzahl der Umwindungen in der Nebenschliefsung kann von 700 bis 1176 variiren. Der Widerstand in der Nebenschliefsung kann also nicht kleiner als 0,14, und nicht gröfser als 0,24 von dem Widerstande der ganzen Telegraphenlinie seyn. Gewöhnlich wird der Widerstand der Nebenschliefsung blofs dann verändert, wenn nach einer andern Station telegraphirt wird, wogegen man die Anzahl der Umwindungen variirt, wenn Ableitung auf der Telegraphenlinie oder atmospärische Verhältnisse eine solche Maafsregel nothwendig machen, um eine vollständige Ausgleichung zu erhalten.

Hr. Siemens sagt in dem erwähnten Aufsatze, dafs durch die Verkleinerung des Widerstandes in der Nebenschliefsung der galvanische Strom zu grofs werde, wodurch, besonders wenn inconstante Ketten angewandt werden, die Polarisation die elektromotorische Kraft der Kette schnell vermindere. Es läfst sich jedoch darthun, dafs diefs auf den Strom, der nach der nächsten Station geht, keinen nachtheiligen Einfluſs ausübt. Es ist nämlich bekannt, dafs die Polarisation mit der Gröfse des Stromes zunimmt, dafs aber diese Zunahme aufhört, sobald die Stromstärke eine gewisse Gränze übersteigt. Unter dieser Gränze wächst die Polarisation nach bekannten Versuchen in einem weit langsameren Verhältnisse als der polarisirende Strom. Diefs gilt jedoch eigentlich blofs für den Fall, dafs die Polarisation ihr Maximum erreicht hat, welches nicht stattfinden kann bei den telegraphischen Schliefsungen, die nur eine sehr kurze Zeit dauern. Wir wollen indessen annehmen,

dafs die Polarisation in diesem Falle proportional mit der Stromstärke zunehme. Ist der Widerstand der Nebenschliefsung dem der ganzen Linie gleich, so geht die Hälfte des Stromes zu der nächsten Station über. Wir können deshalb den ganzen Strom mit 2 und jeden seiner beiden Theile mit 1 bezeichnen. Wird die Polarisation der Kette mit $2p$ bezeichnet, so wird dadurch in dem nach der entfernten Station gehenden Strome eine Schwächung verursacht, die gleich p ist. Wenn nun durch Verkleinerung des Widerstandes in der Nebenschliefsung der Gesammtstrom n-mal gröfser, das heifst $=2n$ genommen werden mufs, damit auch in diesem Falle ein Strom von der Stärke 1 nach der entfernten Station übergehe, so wird in der angenommenen Voraussetzung, die Polarisation der Kette $2np$ werden. Da nun $2n:1=2np:p$, so folgt, dafs auch in diesem Falle die durch die Polarisation in der Kette verursachte Schwächung des Linienstroms gleich p wird. In beiden Fällen wird also die Schwächung des Linienstroms durch die Polarisation gleich grofs.

Hr. Siemens bemerkt ganz richtig, dafs man, wenn der Widerstand der Nebenschliefsung verkleinert wird, eine stärkere Kette nehmen müsse; doch braucht man die Kette weniger zu vergröfsern als man im ersten Augenblicke glauben könnte. Wenn die elektromotorische Kraft der Kette durch E, die Widerstände der Kette, der Linie und der Nebenschliefsung respective mit R, L und L' bezeichnet werden, so wird der Gesammtstrom

$$S=\frac{E(L+L')}{R(L+L')+LL'}$$

Für den Strom S'', der nach der entfernten Station geht, erhält man

$$S''=\frac{EL'}{R(L+L')+LL'}$$

In einer im Sommer 1854 angestellten Messung erhielt ich für den Widerstand zwischen Stockholm und Gothenburg einen Widerstand von 1600 meiner Widerstandseinheit, von welchem der Widerstand der für die Telegraphirung

angewandten Kette 60 betrug. Wendet man diese Zahlen in den obigen Formeln an, so bekommt man für den Strom S, im Falle keine Nebenschliefsung existirt, und $E = 166000$ angenommen wird

$$S = \frac{E}{1660} = 100.$$

Ist $L' = L$, wie in dem von Hrn. Siemens construirten Apparate, so wird

$$S'' = 96{,}5.$$

Für den kleinsten Widerstand in der Nebenschliefsung, der von mir angewandt wird, das heifst in diesem Falle 224 Widerstandseinheiten, erhält man

$$S'' = 79{,}5.$$

Mit einem Widerstande in der Nebenschliefsung, der 0,14 von dem der ganzen Telegraphenlinie ausmacht, verliert man also 17 Proc. mehr von der Stromstärke, als wenn beide Widerstände gleich grofs sind. Diesen Verlust mufs man sich jedoch gefallen lassen, wenn man die erste Bedingung für eine sichere Doppeltelegraphirung, nämlich eine so weit wie möglich vollständige Ausgleichung der beiden Stromtheile, erreichen will. Allerdings wird auch mit dem kleineren Widerstande diese Ausgleichung nicht ganz vollständig. Der Widerstand zwischen den beiden Stationen variirt nämlich bei dem Telegraphiren im Verhältnisse von 1:1,14. Dagegen variirt in dem von HH. Siemens und Halske construirten Apparate der Widerstand im Verhältnisse von 1:2. Die von Hrn. Dr. Stark eingeführte Veränderung dieser Apparate scheint mir deshalb eine wirkliche Verbesserung zu seyn, obgleich er, so weit sich aus seiner Abhandlung [1]) entnehmen läfst, nicht eingesehen hat, worin der eigentliche Vortheil dieser Veränderung besteht. In Schweden sind die Apparate zum Gegensprechen von den ersten Versuchen her mit kleinerem Widerstande construirt worden.

In dem Nachtrage zu der fraglichen Abhandlung scheint

1) Zeitschrift des deutsch-österreichischen Telegraphen-Vereins. Heft VIII, S. 169.

Hr. Siemens einiges Gewicht auf die Priorität des elektromagnetischen Gegensprechens zu legen. Ich kann hierbei nicht umhin zu bemerken, dafs, wenn man auch meine Erfindung des Gegensprechens nicht von 1848 datiren will, es doch feststeht, dafs, nachdem einige vorläufige Versuche im Mai oder Juni 1854 (ich kann mich nunmehr dieser Zeit nicht genau erinnern) auf den hiesigen Telegraphenlinien gemacht worden, eine wirkliche Doppeltelegraphirung *im August* desselben Jahres zwischen Stockholm und Upsala errichtet wurde, das heifst *drei Monate früher als* HH. Siemens *und* Halske *ihre ersten Versuche angestellt haben.* In der geschichtlichen Uebersicht, die Hr. Siemens seiner Abhandlung voranschickt, wird meiner Erfindung nicht mit einem Worte erwähnt, obgleich dieselbe ihm nicht unbekannt seyn könnte, wenn er auch meine publicirte Abhandlung nicht gelesen, da er in der Pariser Ausstellung meine Apparate kennen zu lernen Gelegenheit hatte, und ohne diefs, wie ich gehört habe, den gelungenen Versuchen, die mit meinen Apparaten auf der Telegraphenstation angestellt wurden, selbst beiwohnte.

XI *Anwendung eines neuen Hahnsystems auf verdünnende und verdichtende Luftpumpen; von Hrn. J. J. Silbermann.*

(*Compt. rend. T. XXII, p.* 1051.)

Ich beehre mich, dem Urtheile der Akademie ein System von Saug- und Druckpumpe vorzulegen, welches ich erdacht habe, nicht allein um die gewöhnliche Luftpumpe mit der Compressionspumpe zu einem einzigen Apparat zu vereinigen, sondern auch um sie brauchbar zu machen zu allen Combinationen, welche die Physiker und Chemiker

bei ihren wissenschaftlichen Untersuchungen oder bei Demonstrationen in Vorlesungen nöthig haben sollten. So erlaubt sie, das Vacuum beliebig auf vier Tellern und gleichzeitig in einem oder zwei Recipienten durch einfache oder doppelte Auspumpung herzustellen, und gleiches gilt von der Compression.

Aufserdem gestatten diese Einrichtungen, Gasarten aus einem oder zwei Recipienten in einen oder zwei Recipienten überzufüllen, und, indem man die Recipienten zu je zwei verknüpft, einen oder zwei Gasströme herzustellen, was nützlich seyn kann, sowohl bei chemischen Analysen als bei physikalischen Untersuchungen über die Eigenschaften der Gase, z. B. der specifischen Wärme.

Den Saug- und Druckpumpen diese Fähigkeiten zu verleihen ist mir nur möglich gewesen durch Anwendung der Eigenschaften der neuen, von mir erdachten, Hahnsysteme, deren eins, mit concentrischen Theilen, ich der Akademie vorgezeigt habe. Eine zweistieflige mit diesem Hahn versehene Maschine befindet sich vor Augen der Akademie. Sie ist, wie das kleine weiterhin beschriebene Modell, ausgeführt in den Werkstätten zweier jungen Mechaniker, der HH. Favre und Kunemann, Nachfolger des Hrn. Pixii.

In der Absicht meinem berühmten Lehrer, Hrn. Regnault, bei seinen Untersuchungen nützlich zu seyn, erdachte ich 1842 eine Pumpe, die bequemer ist als die bis dahin gebräuchlichen [1]). Diese Pumpe war Saug- und Druckpumpe zugleich und besafs, um das Druckgleichgewicht herzustellen, einen gewöhnlichen Hahn und zwei Ventil-Kanäle (*conduits de soupapes*). Ich übertrug dem Mechaniker Hrn. Golaz die Construction dieser Pumpe, die gegenwärtig in den physikalischen und chemischen Laboratorien sehr verbreitet ist, von der ich aber, da ich sie noch zu vervollkommnen hoffe, der Akademie keine Mittheilung machte. Die Verstellung der Ventile erforderte eine Reihe von Operationen, die ich gegenwärtig durch

1) Nämlich die kleinen Gay-Lusac'schen Saugpumpen und die Druckpumpen mit seitlichem Ventil.

Anwendung der Eigenschaften eines neuen Hahns entbehrlich mache. Dieser letztere erfordert zu dem Ende nur eine theilweise Umdrehung und ersetzt für sich allein die drei Hähne, welche bei den vorherigen Pumpen nöthig waren.

Die einstieflige Maschine besteht aus einem lothrechten Cylinder, in welchem sich ein voller Kolben bewegt, bestehend aus Lederscheiben, die zwischen zwei an die Stange des Kolbens geschraubten Messingscheiben zusammengepreſst werden. Auf seinem Boden hat der Cylinder zwei konische Ventile, das eine zum Verdünnen, das andere zum Verdichten. Jedes dieser Ventile functionirt in einer kleinen Büchse, die angeschraubt ist an eine lothrechte Durchbohrung der Nabe (*boisseau*) eines darunter befindlichen groſsen Hahns. Die horizontale Axe dieses Hahns ist parallel der die Mitten beider Ventile verbindenden Linie und liegt in der Ebene der beiden ebengenannten Durchbohrungen.

1. Der Hahn ist zunächst diametral durchbohrt, um so die beiden lothrechten Kanäle der Ventile fortzusetzen bis zum unteren Theil der Nabe, wo sie horizontal nach auſsen divergiren, um sich an zwei Recipienten ansetzen zu lassen.

2. Auſser diesen beiden parallelen Kanälen hat der Hahn zwei gegen die Axe schiefe Durchbohrungen, die sich Xförmig kreuzen, aber in der Mitte in entgegengesetztem Sinne gekrümmt sind, damit sie einander nicht treffen. Diese schrägen Löcher sind gebohrt nach einer durch die Axe gehenden Ebene, welche einen Winkel von 30° bildet mit der Ebene, welche die beiden vorhergehenden Kanäle enthält.

3. In einer Ebene endlich, die ebenfalls durch die Axe des Hahns geht aber mit der vorherigen einen Winkel von 30° macht, befinden sich die Mündungen zweier der Hahnaxe parallelen Kanäle von der Gestalt zweier abgewandten Parenthesen ⊏⊐.

Diese Kanäle setzen den Pumpenkörper und die Reci-

pienten aufser Verbindung, errichten dagegen eine Verbindung einerseits zwischen den beiden Ventilen an dem oberen Theile des Hahns, und andrerseits an dem untern Theil desselben zwischen dem Saug- und dem Druckkanal. Diese Kanäle dienen also dazu, je nach Bedürfnifs, das Druckgleichgewicht herzustellen entweder zwischen zwei Recipienten oder zwischen einem der Recipienten und der Atmosphäre; denn, aufser der parenthesenförmigen Communication, kann jeder der der Hahnaxe parallelen Kanäle mit der äufseren Luft communiciren; dazu braucht man nur einen kleinen konischen Stöpsel zu öffnen, der angeschraubt ist an das Ende von Verlängerungen, die am Ende der der Axe parallelen Kanäle angebracht sind und gegenüber dem Handgriff des Hahnes münden.

Um jeden Irrthum bei der Drehung des Hahns zu verhüten, hat der Handgriff desselben die Gestalt eines sechsstrahligen Sterns, entsprechend den drei diametralen Ebenen, in denen die Oeffnungen sind. Auf jeden dieser Strahlen befindet sich eins der Zeichen II, X ⌶ gravirt, und somit die Art der entsprechenden Communication angedeutet. In den intermediären Lagen schliefst der Hahn jede Communication ab. Am unteren Theile der Nabe des Hahns oder der Basis der Pumpe verläuft sich die Fortsetzung der verticalen Kanäle nach Aufsen, wie schon gesagt, in ein horizontales Rohr, an welches sich durch eine Mutter das Ansatzstück zur Verbindung mit einem Recipienten u. s. w. anschrauben läfst.

Zweistieflige Maschine. — Jeder Stiefel derselben ist mit einem Saug- und einem Druck-Ventil versehen. Diese vier Ventile befinden sich in einer selben lothrechten Ebene. Die unteren Theile der Kanäle der jedem dieser Stiefel am nächsten stehenden Ventile sind unter sich verbunden durch ein Rohr oder einen Kanal, der in der massiven Basis der Stiefel ausgebohrt ist. Ebenso sind die Kanäle der entferntesten Ventile unter sich durch ein horizontales Rohr verbunden. An den beiden Verbindungspunkten dieser beiden horizontalen Kanäle mit jedem der vier verticalen Ka-

näle befindet sich ein Hahn mit drei Oeffnungen in Gestalt eines T, verbunden mittelst eines horizontalen Kanals mit Ansatz (*ajoutage à une platine mobile*). Man hat demnach gegenüber jedem der vier Ventile eine Oeffnung, an welche man irgend einen Recipienten ansetzen kann.

Jeder Stiefel ist mit einem Manometer und einer Eprouvette versehen. Die Manometer und Eprouvetten sind seitwärts dicht an den Stiefeln befestigt und communiciren mit dem Innern mittelst eines kleinen horizontalen Kanals, welcher den verticalen Kanal jedes der Ventile trifft, zwischen diesen und dem Hahn. Auf diese Weise sind die Manometer und Eprouvetten unabhängig von den Verstellungen des Hahns.

Die Röhren dieser Manometer und Eprouvetten sind jede befestigt auf einem axialen Loche eines kleinen Hahns, welcher mit den transversalen Kanälen von T-Gestalt communicirt. Die Büchse dieses Hahns hat gegenüber dem Stiefel ein Loch, welches man öffnet, wenn man den in seiner Axe das Manometer tragenden Hahn um 90° dreht. Man operirt auf diese Weise, wenn es sich darum handelt, die Verdünnung oder Verdichtung zugleich in zwei Recipienten vorzunehmen.

Das eben beschriebene Communicationssystem des Hahns kann auch als Mittel zur elektrischen Communication benutzt werden, wenn man statt des Metalls einen Nichtleiter anwendet und die Durchbohrungen mit Leitungsdrähten ausfüllt.

XII. *Luftspiegelung an der Sonne; beobachtet von Prof. H. Emsmann.*

Am Sonntag den 29. Juli 1855 gegen Abend ging ich in meinem Geburtsorte Eckertsberga in Thüringen, wo ich mich zum Besuche aufhielt, in Begleitung einiger Freunde

auf der Chaussee, welche nach Naumburg an der Saale führt, den Berg hinauf. Es war am Nachmittage ein starkes Gewitter gewesen, jetzt aber schien die schon ziemlich niedrig stehende Sonne prächtig. Auf einmal bemerkten wir, dafs unsere Schatten, die wir vor uns liegen hatten, da wir ostwärts gingen, *doppelt* waren und zwar in der Weise, dafs über unseren Köpfen im Schatten noch ein zweiter Kopf deutlich und scharf hervortrat. Ich sah mich um nach der Sonne, und es zeigten sich im Westen zu nicht geringer Verwunderung meiner Begleiter *zwei* klare Sonnen vertical übereinander. Der verticale Abstand beider Sonnen von einander betrug etwas über einen Sonnendurchmesser. Es war diefs offenbar eine Luftspiegelung, die wohl dadurch herbeigeführt wurde, dafs die untere Luftschicht durch die Verdunstung des mit dem Gewitter herabgefallenen Regenwassers bedeutend abgekühlt worden. Eine Messung der Sonnenhöhe, die mir nicht möglich war, hätte wahrscheinlich die obere Sonne als das Spiegelbild ergeben. Es ist mir nicht gelungen eine ähnliche Beobachtung an der Sonne aufzufinden, weshalb ich sie der Mittheilung nicht unwerth halte.

XIII. *Ueber die Temperatur, bei welcher Flüssigkeiten die sie einschliefsenden Gefäfse zu benässen aufhören; von Hrn. C. Wolf,*

Professor der Physik am Lyceum zu Metz.

(*Compt. rend. T. XXII. p.* 968.)

Längst weifs man, dafs die Steighöhe einer Flüssigkeit in Haarröhrchen mit wachsender Temperatur abnimmt, aber nach welchem Gesetz, ist noch nie über den gewöhnlichen Siedpunkt der Flüssigkeit hinaus beobachtet. Es wäre jedoch interessant zu wissen, ob das Gesetz über diese

Gränze hinaus gültig sey, und ob es folglich eine Temperatur gebe, bei welcher die Kapillarhöhe Null wird und jenseits welcher das Steigen in ein Senken übergeht. Diese, mit der so viel besprochenen Theorie des sphäroidalen Zustandes innig besprochene Frage ist es, welche ich zu prüfen versucht habe.

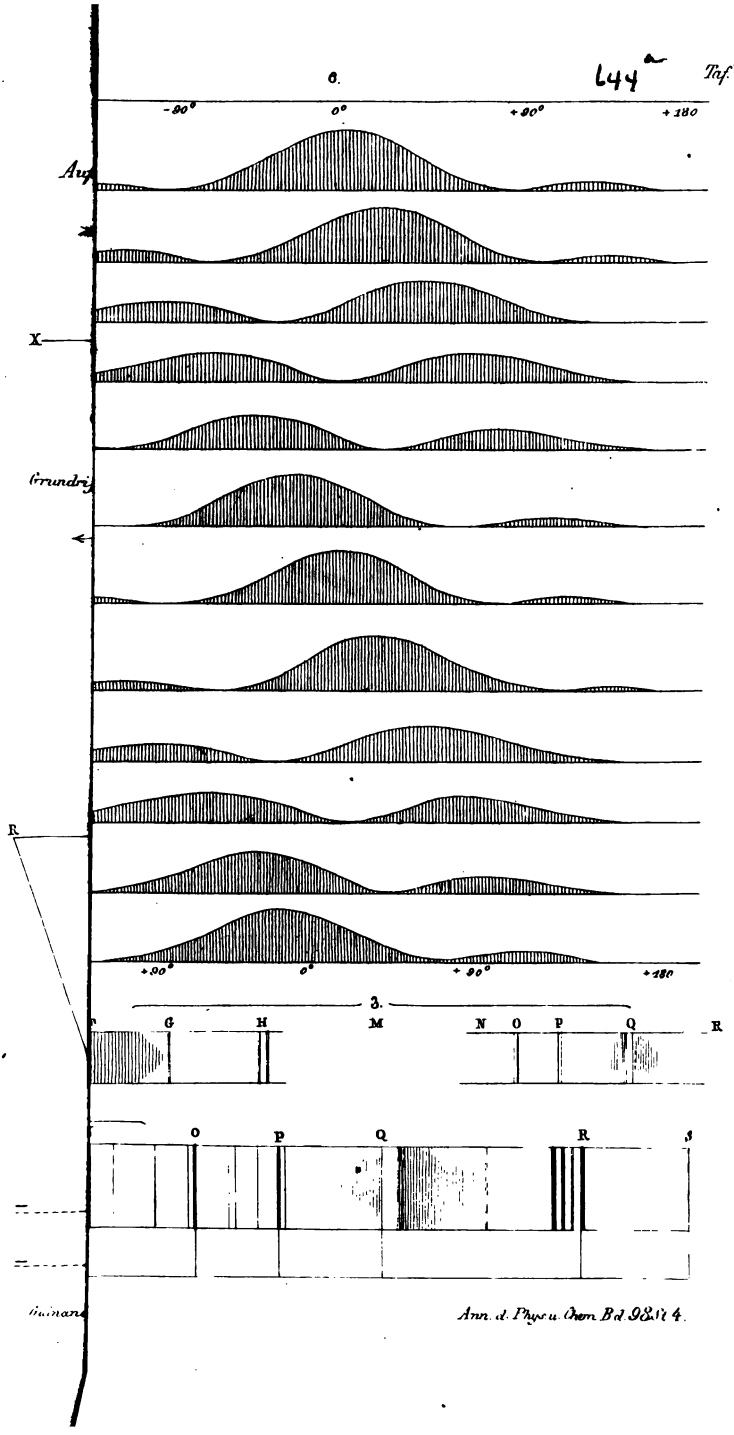
Angenommen, dafs das von Hrn. Brunner und anderen Physikern gefundene Gesetz der Abnahme der Kapillarhöhe noch jenseits der Gränzen ihrer Versuche richtig sey, gelangt man zu dem Schlufs, dafs das Wasser bei 536° C. und der Schwefeläther bei 191° C. aufhöre, das Glas zu benässen und in einer Röhre zu steigen. Da ich hiernach nicht mit Wasser operiren konnte, machte ich den Versuch mit gewöhnlichem käuflichem Aether.

In eine dickwandige Glasröhre von etwa 1 Centm. innerem Durchmesser brachte ich ein Haarröhrchen und etwas Schwefeläther, und verschlofs sie darauf vor der Lampe, nachdem die Luft ausgetrieben worden. Diese Röhre wurde in eine umgekehrte Glocke voll Leinöl gestellt, neben eine zweite ähnliche, aber offene Röhre voll Oel, in welches ein Thermometer tauchte. Ein doppelter Agitator diente zum Gleichförmigmachen der Temperatur.

Sowie die Temperatur steigt, sieht man die Flüssigkeitssäule in der Kapillarröhre rasch sinken, und endlich bei 190 oder 191° C. vollständig verschwinden. Zugleich wird in der weiten Röhre die anfangs concave Oberfläche des Aethers immer flächer, und zuletzt, bei dieser Temperatur ganz eben.

Fährt man mit dem Erhitzen fort, so kann man den kapillaren Meniskus unterhalb des Niveaus der Flüssigkeit im äufseren Rohr erblicken. Gegen 198° C. scheint sich die nun stark convexe Oberfläche des Aethers mit einer dicken Wolke zu bedecken und zeigt nur einen schlecht begränzten Umrifs. Bei 200° C. endlich, wie schon früher Hr. Cagniard-Latour beobachtet hat, ist die Flüssigkeit vollständig in Dampf verwandelt. Läfst man die Temperatur sinken, so kommt die Flüssigkeit plötzlich wiederum zum Vorschein und dieselben Phänomene wiederholen sich in umgekehrter Ordnung.

ekt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.


-90°
0°
+90°
+180
Aufr
X
Grundri
R
+90°
0°
+90°
+180
3.
G
H
M
N
O
P
Q
R
O
P
Q
R
S

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

NT